

627.82
А-44

ИЗДАНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ Внутренних водных путей и шоссейных дорог
(по Отделу Водныхъ Сообщеній)

КРАТКІЯ СВѢДѢНІЯ
О РАЗЛИЧНЫХЪ ТИПАХЪ
РАЗБОРЧАТЫХЪ ПЛОТИНЪ.

Составили инженеры п. с.
Н. А. Акуловъ и Б. Ю. Калиновичъ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Министерства Путей Сообщенія
(Товарищества И. Н. Кушнеревъ и К^о), Фонтанка, 117.
1913.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Около 80. лѣтъ прошло съ тѣхъ поръ, какъ была изобрѣтена первая разборчатая плотина французскимъ инженеромъ Поаре. Его идея, конечно, не только нашла подражателей, но и побудила другихъ инженеровъ направить свою изобрѣтательность на эту отрасль гидротехническаго искусства. Въ результатъ, какъ въ Европѣ, такъ и въ Америкѣ появляется цѣлый рядъ другихъ остроумныхъ системъ разборчатыхъ плотинъ.

Такъ какъ имѣющіяся въ русской литературѣ свѣдѣнія по этому вопросу крайне отрывочны и неполны, то Управленіе в. в. п. и ш. д., принимая во вниманіе постепенно развивающуюся дѣятельность по улучшенію судоходныхъ условій нашихъ русскихъ рѣкъ путемъ ихъ шлюзованія, признало полезнымъ издать настоящий трудъ съ цѣлью общаго ознакомленія съ различными типами разборчатыхъ плотинъ. Объ осуществленіи такового изданія высказали свои пожеланія также и Инженерный Совѣтъ Министерства П. С. въ засѣданіи отъ 17 октября 1912 года.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стран.
1. Введеніе	1
2. Плотины системы Поаре	6
3. » » Шаноана	31
4. » » Дефонтена	56
5. Американскія плотины и нѣкоторые другіе виды ба- рабанныхъ плотинъ	70
6. Плотины системы Тавернье или Камере	82
7. » » Стоней	98
8. Сегментныя плотины	120
9. Цилиндрическія плотины	131
10. Нѣкоторые типы водосливныхъ разборчатыхъ плотинъ	143
11. Заключение. Освѣщеніе плотинъ съ техническо-эконо- мической точки зрѣнія	150
12. Литература	168

Шлюзование рѣкъ было извѣстно съ древнѣйшихъ временъ и въ широкихъ размѣрахъ примѣнялось китайцами, египтянами, римлянами, но главнымъ образомъ для орошенія земель, водоснабженія населенныхъ мѣстъ, для приведенія въ движеніе мельницъ и т. п. цѣлей. Многія несудоходныя рѣки послѣ шлюзованія для промышленныхъ цѣлей сдѣлались удобными и для судоходства въ промежуткахъ между плотинами. Постепенно, съ помощью цѣлаго ряда послѣдовательныхъ приспособленій, возникъ и выработался современный способъ шлюзованія рѣкъ посредствомъ разборчатыхъ плотинъ, главное преимущество которыхъ переть плухими заключается въ томъ, что при высокой водѣ, когда глубина на перекатахъ вполне достаточна для судоходства, рѣка остается свободной; конечно, незначительное стѣсненіе живого сѣченія вызываетъ и нѣкоторое увеличеніе скорости, но оно обыкновенно не выходитъ за предѣлы, вредныя для судоходства.

Прежде чѣмъ приступить къ описанію различныхъ типовъ разборчатыхъ плотинъ, мы остановимся нѣсколько на выясненіи тѣхъ условій, которымъ онѣ должны удовлетворять. Условія эти слѣдующія:

1. Должно быть обезпечено точное и быстрое регулированіе величины отверстія плотины для пропуска существующаго въ рѣкѣ расхода; при быстро наступающихъ паводкахъ и неожиданныхъ повышеніяхъ горизонта необходимо имѣть устройство, позволяющее разобрать плотину и освободить пролетъ для пропуска потока съ большимъ расходомъ воды.

2. При горизонтахъ воды въ рѣкѣ, когда по всему судовому ходу обеспечена достаточная для заданной осадки глубина, плотина не должна представлять препятствія для прохода судовъ, для чего части плотинъ не должны стѣснять габарита судна, какъ вверху, такъ и внизу; для соблюденія послѣдняго условія необходимо правильное заложеніе флѣтбета плотины.

Конечно, если считается возможнымъ пропускать суда постоянно черезъ шлюзъ, который въ такомъ случаѣ долженъ быть незатопляемымъ, вышеуказанное условіе отпадаетъ, и заложеніе порога флѣтбета должно опредѣляться лишь изъ условія свободнаго пропуска ледохода.

3. Ширина отверстія плотины должна быть рассчитана такимъ образомъ, чтобы наибольшій возможный перепатъ при открытомъ отверстіи не превосходилъ допускаемой для взводнаго судоходства величины, а именно $\infty 0,10$ саж *).

4. Плотина должна обладать плотностью затвора **), удобствомъ и простотой маневровъ, сборки и разборки, наименьшимъ количествомъ сборныхъ и запасныхъ частей.

5. Расходы на сооруженіе и эксплуатацію плотины должны быть наименьшіе.

Всѣ вышеприведенныя условія, вытекающія изъ самой сущности идеи разборчатыхъ плотинъ, достаточно понятны сами по себѣ; слѣдуетъ лишь остановиться на вопросѣ о глубинѣ заложенія порога флѣтбета, въ зависимости отъ пропуска ледохода. Установить это положеніе очень важно для нашихъ русскихъ рѣкъ, такъ какъ этимъ обуславливается большая или меньшая примѣнимость нѣкоторыхъ системъ разборчатыхъ плотинъ.

*) Конечно надо также имѣть въ виду, чтобы скорость по возможности не превосходила наибольшей, наблюдаемой въ рѣкѣ.

**) Это условіе касается, главнымъ образомъ, рѣкъ съ малыми межениными расходами.

Примемъ отмѣтки (рис. 1).

- h_1 наин. судох. гориз. при раскрытой плотинѣ,
 h_2 наин. горизонтъ весенняго ледохода,
 h_3 наин. горизонтъ осенняго ледостава,
 h заложеніе порога флютбета.

При небольшихъ перепадахъ на флютбетѣ, т. е. при сравнительно низкомъ заложеніи порога послѣдняго по отношенію къ наинизшему горизонту ледохода,—отмѣтка порога флютбета опредѣляется изъ условія свободного прохода льда слѣдующимъ образомъ. При толщинѣ весенняго льда k_1 , осенняго k_2 , удѣльномъ вѣсѣ льда 0,9 и запасѣ водяного слоя подъ льдомъ a получаемъ отмѣтку порога флютбета.

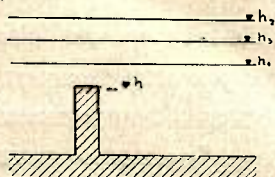


Рис. 1.

$$h \leq h_2 - 0,9 k_1 - a$$

$$h \leq h_3 - 0,9 k_2 - a$$

Въ случаѣ же значительнаго перепада при низкомъ горизонтѣ и при повышенномъ порогѣ флютбета, опредѣленіе отмѣтки заложенія порога флютбета слѣдуетъ вести изъ того соображенія, что для свободного прохода льда надо имѣть толщину переливающего слоя воды

$$S = 0,9 k_1 + a,$$

чѣмъ обусловливается при данной ширинѣ отверстія наименьшій расходъ, при которомъ можетъ совершаться ледоходъ. Въ цѣляхъ предотвращенія возможной задержки льда, слѣдуетъ по наименьшему расходу рѣки при ледоходѣ и вышеуказанной толщинѣ переливающего слоя опредѣлить наибольшую ширину отверстія плотины.

При плотинѣ, черезъ которую совершается судоходство, положеніе порога флютбета опредѣляется условіемъ, чтобы

при наименьшемъ судоходномъ горизонтѣ, при свободной рѣкѣ, на немъ была достаточная судоходная глубина для судовъ съ заданною осадкою t , т. е. наименьшая отмѣтка порога флютбета должна быть

$$b \leq b_1 - t - c,$$

гдѣ c —запасъ на дифферентъ судна и качаніе его въ діаметральной плоскости.

Въ дѣйствительности порогъ флютбета можно заложить нѣсколько выше указаннаго условія, такъ какъ сборка плотины начинается обыкновенно нѣсколько раньше, чѣмъ горизонтъ воды въ рѣкѣ станетъ наименьшимъ судоходнымъ, при данной осадкѣ; однако, такъ какъ сборка совершается довольно быстро (не болѣе сутокъ), то вычисляемое по вышеприведенному условію заложеніе порога плотины будетъ отличаться отъ необходимаго лишь на 5—10 сотокъ саж., что едва ли слѣдуетъ принимать во вниманіе.

При интенсивномъ судоходствѣ, какъ это имѣетъ мѣсто на нѣкоторыхъ магистральныхъ путяхъ, гдѣ перерывъ судоходства нежелателенъ ни при какихъ обстоятельствахъ, можно ввести еще одно условіе—возможности пропуска судовъ черезъ плотину, въ случаѣ, если бы шлюзъ по неисправности не могъ пропускать судовъ. Если принять при этомъ, что судоходство можетъ совершаться въ свободной рѣкѣ при наименьшемъ горизонтѣ съ отмѣткою b_4 при осадкѣ судовъ $t_1 < t$, то необходимая глубина заложенія порога флютбета плотины будетъ

$$b \leq b_4 - t_1 - a.$$

Это самое идеальное заложеніе порога плотины, такъ какъ въ этомъ случаѣ, открывая всѣ плотины, мы получаемъ рѣку, вполне свободную, безъ всякихъ искусственныхъ препятствій, какъ это было и до ея шлюзованія.

Но если это условіе является по мѣстнымъ обстоятельствамъ, или какимъ-нибудь другимъ соображеніямъ, неудобнымъ, то можно его нѣсколько облегчить, задаваясь для подсчета не наинизшимъ судоходнымъ горизонтомъ, а подпорнымъ горизонтомъ нижняго бьефа. Этимъ самымъ мы предполагаемъ возможность пропускать суда при осадкѣ t черезъ плотину. При такихъ условіяхъ порогъ плотины долженъ быть на одномъ уровнѣ съ нижнимъ королемъ шлюза.

Конечно, послѣднія соображенія относительно безпрепятственнаго пропуска судовъ могутъ быть отнесены не ко всему пролету плотины, а лишь къ судоходному отверстію, остальной же пролетъ можно допустить и съ повышеннымъ флютбетомъ, съ соблюденіемъ лишь условія относительно свободнаго пропуска ледохода.

Вопросъ о глубинѣ заложенія порога находится также въ нѣкоторой зависимости и отъ предѣльной высоты фермъ, такъ какъ маневры съ очень высокими и тяжелыми разборчатыми частями представляютъ большія трудности.

Вообще нельзя не замѣтить, что при проектированіи шлюзованія рѣки разобратся между различными возможными рѣшеніями, заставляя варьировать высоты пороговъ, пролеты, типы затворовъ и затраты на ихъ устройство чрезвычайно трудно, и требуется большая опытность въ этомъ дѣлѣ, чтобы рѣшить задачу наилучшимъ образомъ.

Несмотря на большое разнообразіе типовъ разборчатыхъ плотинъ ихъ можно раздѣлить на опредѣленные группы. Прежде всего слѣдуетъ раздѣлить ихъ на двѣ группы по отношенію къ судоходству: къ первой относятся такія системы плотинъ, которыя позволяютъ при опредѣленныхъ горизонтахъ пропускъ судовъ черезъ плотину.

Таковы плотины:

1. Системы Поаре со спицами и щитами,
2. » Шапоана и ея видоизмѣненія,
3. » Дефонтена,
4. Нѣкоторые американскіе типы плотинъ.

Ко второй группѣ относятся такія плотины, которыя по тѣмъ или другимъ причинамъ могутъ стѣснять габаритъ судовъ.

Къ этой группѣ относятся плотины:

1. Системы Стонея,
2. Цилиндрическія и сегментныя плотины,
3. Системы Тавернье,
4. Разнообразныя другія системы.

Для лучшаго выясненія достоинствъ и недостатковъ тѣхъ и другихъ системъ, рассмотримъ каждую изъ нихъ въ отдѣльности.

Плотины системы Поаре.

Мысль о постройкѣ такихъ плотинъ, которыя во время высокихъ водъ не стѣсняли бы судоходства, могли пропускать наводки безъ значительнаго подпора и давали возможность управлять горизонтомъ воды въ рѣкѣ, впервые пришла въ голову французскому инженеру Поаре, который и построилъ въ 1834 г. разборчатую плотину своей системы, удовлетворяющую указаннымъ выше условіямъ, на р. Жонне близъ Basseville *). Эта система состояла изъ ряда легкихъ желѣзныхъ фермъ трапецидальной формы, укрѣпившихся на флютбетѣ нижнимъ ребромъ, около котораго онѣ могли

*) И у насъ въ Россіи была сдѣлана въ 1834 г. попытка устройства разборчатой плотины со спицевыми затворами. Мы имѣемъ въ виду существующую до сихъ поръ на р. Сухонѣ плотину „Знаменитую“ съ общимъ пролетомъ въ 56 с., гдѣ спицы упираются въ прогоны, уложенные на постоянныхъ быкахъ.

вращаться. Будучи поставлены вертикально и связаны поперекъ желѣзными полосами, онѣ составляли съ флютбетомъ какъ бы одно цѣлое, въ которое упирались вертикальные затворы, въ видѣ плотно прилегающихъ другъ къ другу деревянныхъ спицъ. Для прохода черезъ плотины на фермы укладывали легкій помостъ изъ досокъ. При разборкѣ плотины полосы, связывающія фермы, снимались, а самыя фермы укладывались на поверхность флютбета въ особое углубленіе, гдѣ онѣ были обезпечены отъ удара плавающихъ тѣлъ и льда особымъ порогомъ, служащимъ, кромѣ того, и для упора спицъ.

Въ 1836 году плотина системы Поаре была построена также на р. Loire у Desize, гдѣ ширина пролета была 100 м., а въ 1838 году на р. Jonne у мѣстечка d'Erineau *). Во всѣхъ этихъ плотинахъ подпоръ колебался отъ 1 м.—1,5 м. Длина спицъ была 2,45 м., при сѣченіи $0,07 \times 0,04$ м.; вѣсъ ихъ былъ около 6 килогр.

Съ тѣхъ поръ плотины этого рода распространились по Франціи и другимъ странамъ. Но съ развитіемъ плузованія стремились примѣнять плотину Поаре для большихъ подпоровъ, что вызывало увеличеніе вѣса спицъ, а, слѣдовательно, и трудность маневрированія съ ними. Это обстоятельство представляло значительныя неудобства на рѣкахъ съ быстро наступающими паводками.

Во Франціи для спицъ были приняты предѣльные размѣры $0,08 \times 0,08$ м., при чемъ напряженіе было доведено до $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ врем. сопротивленія **). Вслѣдствіе этого происходили поломки и сильный прогибъ спицъ. Многіе инженеры работали надъ этимъ вопросомъ. Сначала думали, нельзя ли примѣнить вмѣсто квадратнаго сѣченія прямо-

*) Annales des Ponts et Chaussées 1839 г.

**) Напряженіе достигало 169 $\frac{\text{кгр.}}{\text{смт. 2}}$

удовольное, въ видахъ увеличенія сопротивленія изгибу, но опытъ показать нецѣлесообразность такого рода спиць, такъ какъ подъ вліяніемъ теченія онѣ ложились болѣе широкой стороной на опоры и такимъ образомъ не оправдывали цѣли, не говоря уже о трудностяхъ маневровъ, которыя происходили отъ тѣхъ же обстоятельствъ.

Съ той же цѣлью предложены были приспособленія такихъ верхнихъ упорныхъ полосъ между фермами, которыя, освобождаясь отъ упора съ одной стороны, падали подъ давленіемъ воды на спицы, при чемъ въ такихъ приспособленіяхъ системы Шаноана и Сальмона падаютъ и самыя фермы, а при системѣ Куммера остаются въ вертикальномъ положеніи.

Въ 1858 году были построены плотины системы Поаре на р. Meuse въ Бельгіи; подпоръ нѣкоторыхъ изъ нихъ достигаетъ величины въ 2,50 метра, возвышеніе подпорнаго горизонта надъ порогомъ 3,10 м., а нижняго 0,60 м. Длина спиць 3,75 м., ширина 0,099 м. и толщина внизу 0,099, наверху 0,09, а по срединѣ 0,121 м. Вслѣдствіе того, что спицы по своей формѣ приближались къ брусьямъ равнаго сопротивленія, напряженіе въ нихъ было всего $87 \frac{\text{кгр.}}{\text{сант. 2}}$. Для облегченія работы спиць и маневрированія съ ними при такой большой ихъ высотѣ устроено было приспособленіе Kummer'a, состоящее въ слѣдующемъ (рис. 2).

Рама фермы трапецидальнаго сѣченія имѣетъ верхнюю поперечину немного выше уровня верхняго бьефа; выше ея расположенъ служебный мостикъ (0,50 метра надъ уровнемъ воды), служацій въ то же время для связи фермъ между собою. Поперечина, служащая для верхняго упора спиць, можетъ поворачиваться на 90° вокругъ вертикальной оси, благодаря шарнирному соединенію съ одной изъ фермъ. Другимъ концомъ поперечина опирается на особый цилиндръ, придѣланный къ передней стойкѣ сосѣдней фермы и имѣющій особый вырѣзь. Въ нормальномъ

случаѣ конецъ бруса упирается на полуцилиндръ. Этотъ цилиндръ можетъ вращаться, и, когда конецъ поперечины попадаетъ въ вырѣзъ, то вся поперечина подъ давленіемъ спицъ поворачивается. Спицы падаютъ и всплываютъ, при чемъ, будучи заранее связаны общимъ канатомъ, извлекаются изъ воды.

Способъ этотъ, однако, совсѣмъ не оправдать ожиданій, такъ какъ мостикъ, на которомъ находится человѣкъ, выше рукоятокъ спицъ; маневры вслѣдствіе этого сопряжены съ нѣкоторой опасностью и требуютъ большой опытности отъ служебнаго персонала.

Кромѣ этихъ приспособленій предлагали устраивать третью промежуточную опору для спицъ; это было испробовано на р. Сенъ у Bézons, Martôt и AndréSy, а у насъ на р. Москвѣ, при шлюзованіи ея отъ Каменнаго моста въ г. Москвѣ до впаденія въ Оку, въ 1874—1877 году было примѣнено своеобразное устройство, заключающееся въ слѣдующемъ. Плотины имѣютъ отверстія отъ 40—55 саж. съ подпорами отъ 1,1—1,45 саж. Фермы имѣютъ видъ, показанный на рисункѣ 3-мъ и фототипіи (4-ой), флютбеты деревянные. По переднимъ ребрамъ фермъ спускаются желѣзныя рамы, служащія промежуточными опорами для его стоекъ, устанавливаемыхъ противъ каждой фермы. Каждая стойка состоитъ изъ бруса съ набитой планкою по срединѣ, которая служитъ для направленія досчатыхъ деревянныхъ щитовъ двухъ сосѣднихъ пролетовъ. Каждая доска (щитъ) поднимается желѣзными крюками, захватывающими за особые нагеля, прикрѣпленные къ щиту. Описанная система слишкомъ сложна, требуетъ много времени на разборку, почему оказывается неудобной при пропускѣ наводковъ.

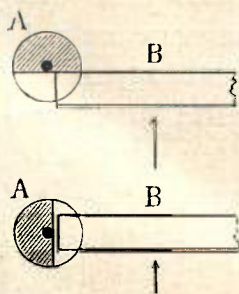


Рис. 2.

Одно изъ самыхъ удачныхъ приспособленій для упрощенія регулированія и маневровъ спицевыми затворами было дано инж Guillemain'омъ, который примѣнилъ его впервые на р. Loire у г. Roanne, а впослѣдствіи и на многихъ другихъ плотинахъ, даже при спицахъ значительныхъ размѣровъ, какъ, напримѣръ, на р. Марнѣ, гдѣ онѣ

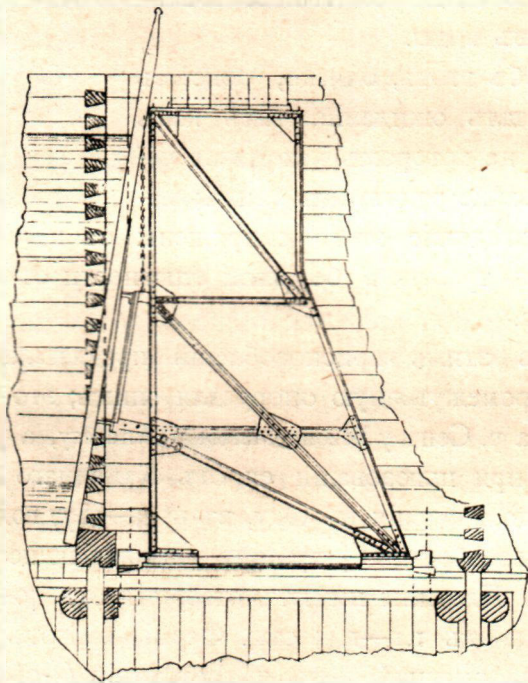


Рис. 3.

имѣютъ длину 5,1 м. (пролетъ 4,40 м.), а поперечное сѣченіе $0,125 \times 0,125$ м. при вѣсѣ въ 45 клгр. Такое же устройство примѣнено и въ плотинѣ Port-à-l' Anglais на Сенѣ, гдѣ длина спицъ 4 м., при сѣченіи 20×12 ст. и вѣсѣ 70—80 клгр. Подъемъ 100 спицъ продолжается $12\frac{1}{2}$ минутъ. Въ Россіи приспособленіе Guillemain'а примѣнено въ 4-хъ плотинахъ Поаре на р. Шекснѣ въ 1890—1896 гг. при переустройствѣ Маріинской системы. Отверстіе первой

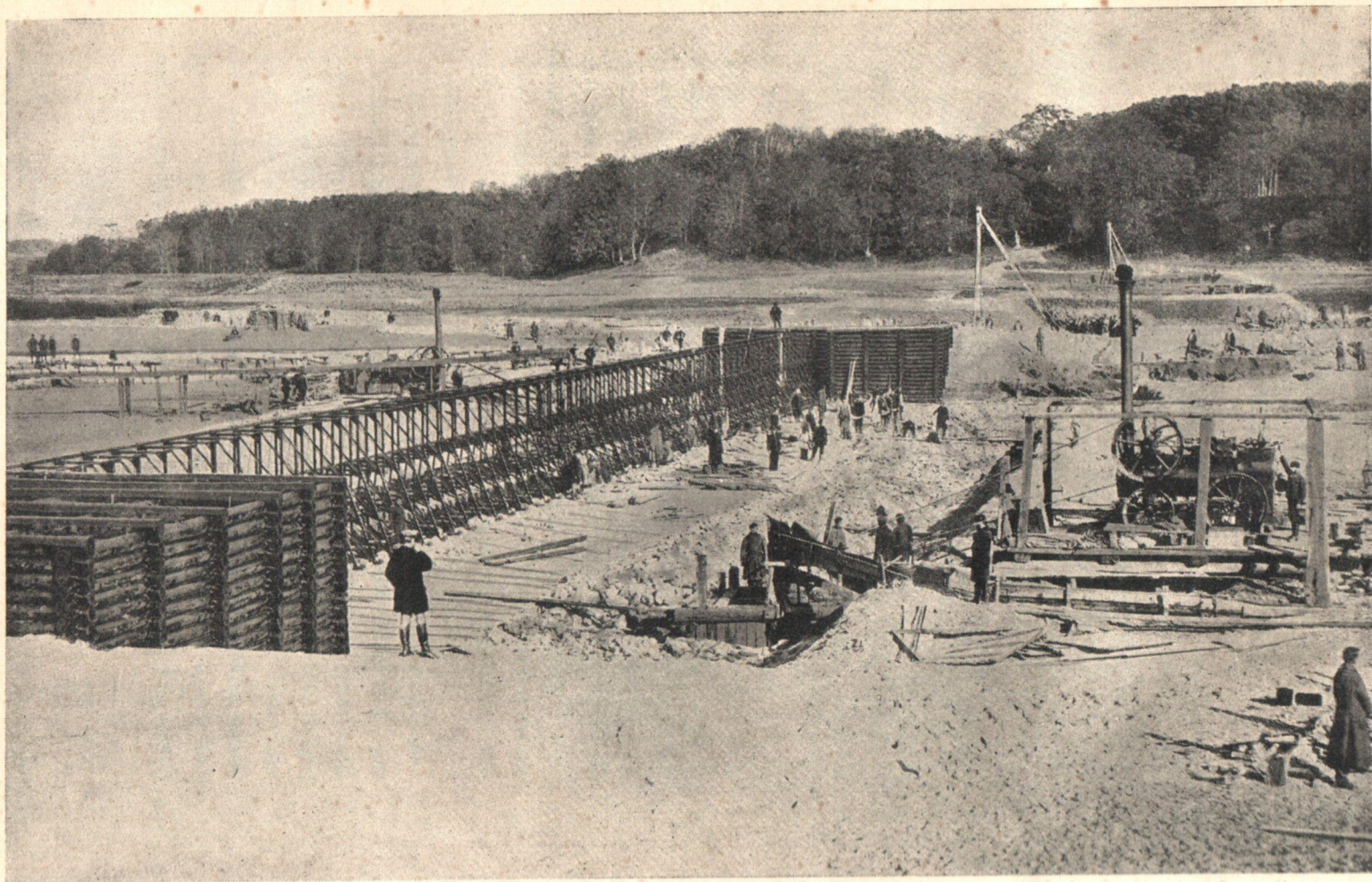


Рис. 4. Видъ постройки плотины на р. Москвѣ.

только спица приподнята надъ порогомъ, она откидывается теченіемъ и безъ затрудненія можетъ быть вынута. На плотинѣ можно выдернуть около 25 спиць въ 5 минутъ. На рисункахъ 5-мъ и 6-мъ показаны описанные выше маневры съ поднятіемъ спиць на Шекснинскихъ плотинахъ.

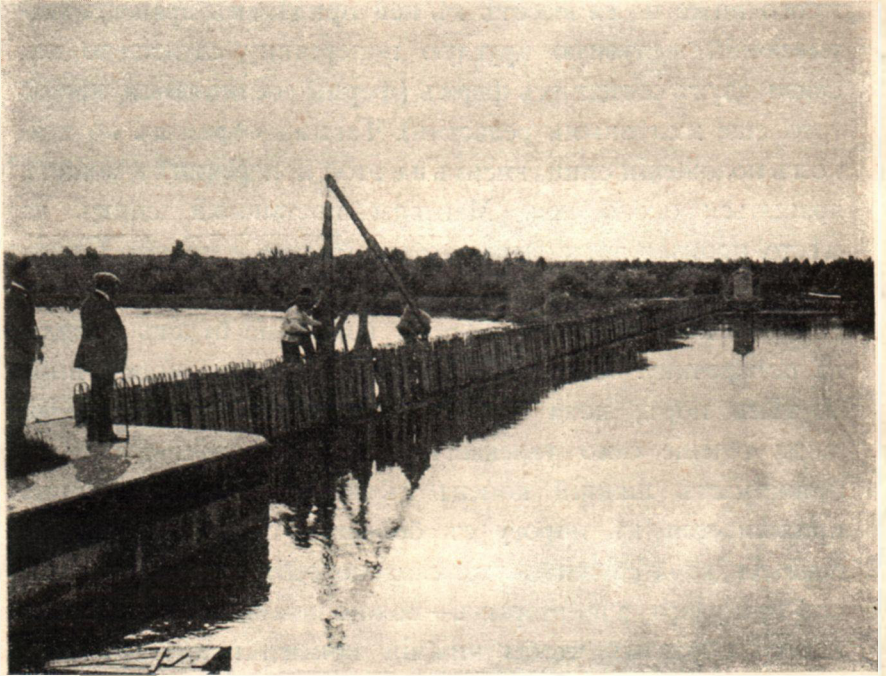


Рис. 5. Плотина на р. Шекснѣ (у Деревеньки).

Съ примѣненіемъ механическихъ приспособленій для поднятія спиць размеры ихъ оказалось возможнымъ увеличить болѣе указанныхъ выше предѣловъ, какъ это имѣетъ мѣсто, на примѣръ, въ сравнительно недавно построенной плотинѣ на рѣкѣ Big Sandy въ 40 килом. отъ впаденія ея въ Ohio. Плотина эта имѣетъ два пролета: судоходный—шириною 39,62 м. и водосливный въ 42,67 м. длины, раздѣленные другъ отъ друга быкомъ. Возвышеніе подпорнаго гори-

зонта надъ порогомъ судоходнаго пролета 3,96 м., а въ водосливѣ 2,13 м.

Для уменьшенія высоты фермъ, а также для того, чтобы, ложась другъ на друга, онѣ не возвышались значительно надъ флютбетомъ, Thomas предложилъ измѣнить

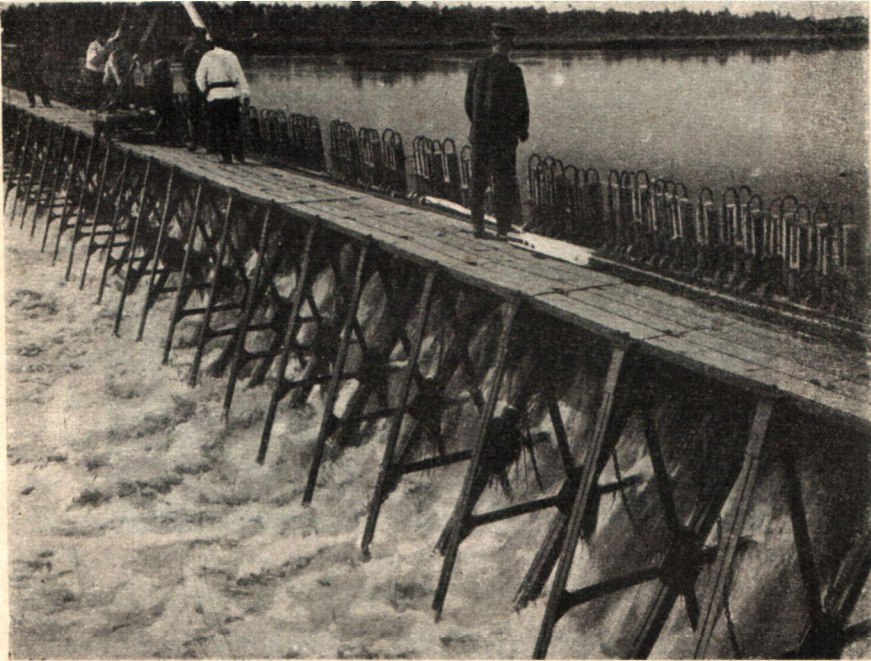


Рис. 6. Плотина на р. Шекснѣ (у Деревеньки)

конструкцію фермы такимъ образомъ, чтобы онѣ ложились одна въ другую. Высота фермъ въ судоходномъ пролетѣ 4,62 (вѣсъ 517 klg.), въ водосливномъ высота—2,94 м. (вѣсъ 417 klg.). Поверху фермы соединены мостикомъ, который ложится вмѣстѣ съ ними, какъ это видно на прилагаемой фототипіи (рис. 7). Укладка фермъ въ чистѣ 65 можетъ быть произведена въ 40 минутъ. Сосновыя спицы въ судоходномъ пролетѣ имѣютъ ширину 0,305 м., длину

4,34 м. и толщину внизу 0,216 метр., а сверху 0,114 м., весь 120 klg.

Значительный весь спичь потребовать, конечно, применения къ маневрамъ съ ними механическихъ приспособлений.

Необходимый персоналъ для работы состоитъ изъ мастера и двухъ помощниковъ. Если необходимо быстро

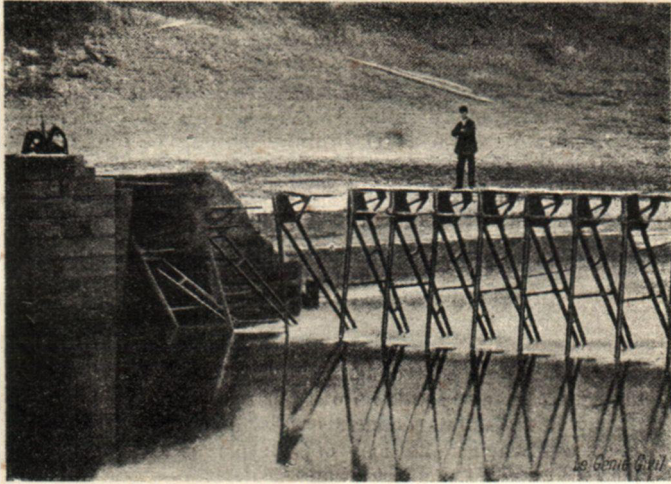


Рис. 7. Плотина на р. Big-Sandy.

опустить плотину, то требуется въ помощь имъ 1 или 2 человѣка. Для поднятія требуется 3 рабочихъ. Стоимость плотинъ около 380.000 франковъ, что составляетъ ≈ 4.638 франк. на метръ. Стоимость разборныхъ частей 27.500 франковъ, что дастъ 335 франк. на пог. метръ.

Вмѣстѣ съ тѣмъ въ С. Америкѣ стремились къ увеличенію пролета между фермами для возможности опускать нѣкоторыя фермы независимо отъ сосѣднихъ, такъ, на примѣръ, на р. Columbia разстояніе между фермами принято въ 5,45 м., на р. Big-Sandy—6,10 м. Это обстоятельство, вызывая устройство болѣе солидныхъ фермъ, увеличивало конечно, и ихъ поперечную жесткость.

Въ новѣйшее время примѣняли спицевыя плотины и при шлюзованіи Молдавы и Эльбы, такъ, напримѣръ, у Troja съ подпоромъ 2,90 м., у Klecan съ подпоромъ 2,70 м., Libschitz—3,50 м., Miřowitz—3,90 м., Wranan—2,40 м., на Эльбѣ у Beřkowitz—2,00 м., у Wegstädtl—2,20 м., у Raudnitz—1,90 м., у Leitmeritz—2,60 м., у Lobositz—2,20 м., у Praskowitz—2,00 м., у Schveckenstein—1,70 м.

Главная причина примѣненія при шлюзованіи Молдавы и Эльбы плотинъ со спицевыми затворами заключалась въ томъ, что эти рѣки обладаютъ быстро наступающими паводками, вслѣдствіе чего требуется сравнительно быстрое открытіе пролета для пропуска послѣднихъ.

Всѣ построенныя въ позднѣйшее время спицевыя плотины можно раздѣлить на 2 типа.

1) по системѣ Kummer'a съ подвижною балкою между фермами, какъ это построено на Майнѣ и при шлюзованіи р. Meuse; (рис. 8-ой)

2) со спицами на крючкахъ, какъ это принято на верхней Сенѣ, Одерѣ и Эмсѣ, при чемъ разстояніе между фермами взято въ 1,25 м.

Въ послѣднихъ новѣйшихъ плотинахъ разстояніе между фермами принято 3,0 метра.

Плотины эти вообще работали довольно исправно, за исключеніемъ приспособленія Куммера, такъ какъ освобожденіе связи между фермами вызывало большія затрудненія, въ особенности, при низкихъ горизонтахъ.

Съ другой стороны, при системѣ Куммера, хотя спицы и получались короче и легче, но, какъ было уже указано выше, положеніе ихъ верхняго конца ниже служебнаго мостика сильно затрудняло манипуляціи съ ними. Поэтому примѣненіе спиць съ крючкомъ гораздо раціональнѣе и проще.

Опусканіе фермъ производилось совмѣстно съ мостикомъ, и вся система укладывалась за порогъ (рис. 9 и 7).

Укладка и подъемъ фермъ производится при помощи цѣпи, идущей черезъ особыя проушины на верхнихъ распоркахъ фермъ, которыя мы будемъ называть клюзами, къ лебедкѣ, устанавливаемой на устоѣ.

Опусканіе фермъ производится слѣдующимъ образомъ: на устоѣ (безъ пиши) устанавливается лебедка; черезъ клюзы верхнихъ распорокъ фермъ протягивается цѣпь, которая, имѣя одинъ конецъ на барабанѣ лебедки, другимъ концомъ прикрѣпляется къ верхней распоркѣ ближайшей къ нишѣ фермы. Послѣ освобожденія этой фермы отъ связей она выводится изъ вертикальнаго положенія оттяжкой съ устоя (съ нишей) и увлекаетъ за собою цѣпь, спускающуюся съ барабана лебедки. Когда ферма пройдетъ шестую часть пути до укладки на флютбетъ, зажимаютъ при помощи винта въ клюзѣ подъемную цѣпь на сосѣдней фермѣ, освобождаютъ ее отъ связей и начинаютъ сдвигать цѣпь съ барабана лебедки. Первая (ближайшая къ нишѣ) ферма своей тяжестью протаскиваетъ цѣпь черезъ всѣ клюзы стоящихъ фермъ, за исключеніемъ сосѣдней, которую, благодаря зажиму, она выводитъ изъ вертикальнаго положенія. Когда вторая ферма пройдетъ шестую часть своего пути, а первая ферма треть его, зажимаютъ цѣпь въ клюзѣ третьей

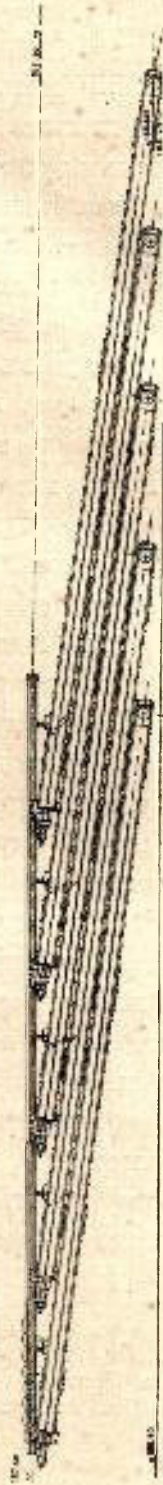


Рис. 9. Фермы Поля въ уложенномъ видѣ.

отъ ниши фермы, освобождаютъ ее отъ связей и продолжаютъ спускать цѣпь съ барабана лебедки. Дальнѣйшій процессъ опусканія фермы производится тѣмъ же порядкомъ, пока послѣдняя ферма не ляжетъ на предпослѣднюю; конецъ подъемной цѣпи снимается съ барабана лебедки и оставляется на устоѣ. Подъемъ фермъ производится въ обратномъ порядкѣ: при помощи цѣпи и лебедки поднимается въ вертикальное положеніе ближайшая къ устою безъ ниши ферма и увлекаетъ за собою пять штукъ сосѣднихъ фермъ. По соединеніи первой фермы съ устоемъ при помощи мостика, ферма разобщается съ подъемной цѣпью путемъ вывинчиванія зажимного винта въ ключъ. Затѣмъ, лебедка продолжаетъ наматываніе подъемной цѣпи, которая, проходя свободно черезъ ключъ первой фермы, начинаетъ поднимать вторую ферму и соединенныя съ нею цѣпью 4 сосѣднихъ фермъ.

Подъемъ фермъ происходитъ довольно медленно, ибо лебедкѣ приходится преодолевать значительное усиліе, зато укладка производится весьма быстро.

Укладка фермъ, разставленныхъ другъ отъ друга на разстояніи 1,25 м. при пролетѣ въ 40 м. требуетъ при работѣ безъ всякихъ задержекъ времени около 2-хъ часовъ, при чемъ заняты всего 3 человѣка. Открываніе плотины, т. е. вытаскиваніе и уноса спицъ, укладка фермъ требуютъ вмѣстѣ на каждые 10 м. = 5 саж. около 1 часа, при чемъ заняты 10 человѣкъ.

При большемъ разстояніи между фермами время укладки сокращается *).

При примѣненіи способа Guillemain'a регулированіе подпора, въ особенности при пропускѣ паводковъ, не

*) Интересное видоизмѣненіе фермъ Поаре представляютъ затворы системы Thomas, примѣненные на р. Ohio у Beaver, гдѣ трапециoidalныя фермы (0,60 м. ширины), поставленныя вплотную, образуютъ затворъ.

представляет никаких затруднений и весьма удобно, но есть один недостаток, который заключается въ томъ, что вслѣдствіе неплотности затвора происходитъ большая потеря воды, что является недопустимымъ при шлюзованіи рѣкъ съ малымъ расходомъ воды. Для устраненія этого недостатка разными авторами предлагались разнообразныя мѣры. Такъ Tavernier предложилъ употреблять песокъ, который, заполняя промежутки между спицами, дѣлалъ затворъ изъ нихъ совершенно плотнымъ. Употребляли еще просмоленное полотно, которое въ видѣ шторы спускалось внизъ и давало плотность затвору. Но съ одной стороны это приспособленіе оказалось довольно дорогимъ, а съ другой стороны было непрочнымъ, такъ какъ при полной нагрузкѣ полотно попадало въ щели между спицами и при собираніи шторы рвалось. Тогда сдѣлали пробу еще со шторами изъ полотна, но съ деревянными узкими планками. Таковое устройство было примѣнено, напримѣръ, на плотинѣ въ Joinville на р. Марнѣ. Однако, и эта штора обладала крупнымъ недостаткомъ, заключавшимся въ томъ, что при подъемѣ шторы происходило ея перекашиваніе, сильно затруднявшее маневры.

Идея шторъ получила осуществленіе въ видѣ самостоятельнаго затвора на плотинѣ Port-Villez на Сенѣ (1880 г.), гдѣ она была устроена инж. Камере. Шторы его системы получили довольно широкое распространеніе (напр. въ плотинѣ de Suresnes).

Достоинство шторы Камере заключается въ томъ, что при тщательной выдѣлкѣ она даетъ вполне плотный затворъ, и, кромѣ того, всѣмъ брускамъ ея можетъ быть придана толщина, соответствующая испытываемому ими давленію воды. Посредствомъ шторы можно удобно и легко регулировать подпорный горизонтъ, стоитъ только постепенно наворачивать ее. При небольшомъ расходѣ воды можно пропускать его, устраивая сверху дополни-

тельные щитки, что важно, въ особенности, для пропуска разныхъ плавающихъ тѣлъ.

Но несмотря на указанныя выше достоинства шторы, примѣненіе ея дѣлается все рѣже и рѣже; объясняется это главнымъ образомъ трудностью сборки и необходимостью точно отдѣлывать брусья; кромѣ того, вслѣдствіе значительной тяжести каждой шторы, употребленіе ихъ требуетъ какъ сложныхъ механическихъ приспособленій, такъ и солиднаго устройства служебнаго мостика. При спицевыхъ затворахъ большая часть ($\frac{2}{3}$) давленій воды передавалась на флютбетъ, и это давало возможность устраивать фермы легкой конструкціи, въ то время, какъ при шторахъ все давленіе передается на фермы. Наконецъ, несмотря на аккуратность пригонки, всетаки иногда бываетъ неправильное наворачиваніе ихъ и, вслѣдствіе этого, перекашиваніе, мѣшающее свертыванію сосѣдней шторы.

Неудобство шторъ Камере вызвало примѣненіе болѣе простыхъ приспособленій для закрытія пролета между фермами, а именно щитовъ Буле, примѣненныхъ на плотинѣ Port-à-l'Anglais на Сенѣ и у Suresnes, а въ послѣднее время и при шлюзованіи Молдавы у Libschitz и у Leitmeritz на Эльбѣ.

Плотина de Suresnes имѣетъ пролетъ судоходной части 78,38 м., водосливной—62,38 м. и водоспуска—62,38 м. *), закрывается отчасти щитами Буле, частью шторами Камере. Ширина щитовъ 1,22 м., а высота 1,10 м. Толщина щитовъ измѣняется снизу доверху, соотвѣтственно уменьшенію напора, отъ 9 см. до 4 см. Регулированіе расхода производится посредствомъ снятія щитовъ. Весь расходъ проходитъ поверхъ щитовъ въ видѣ незатопленнаго водослива. вмѣстѣ съ возрастаніемъ въ рѣкѣ расхода снимается все

*) Подпоръ этой плотины, 3,27 м., а наибольшая высота фермъ 6 метровъ. Подробные чертежи см. Збросжекъ. Курсъ водяныхъ сообщеній.

Большее и большее количество щитовъ. Выниманіе верхнихъ щитовъ производится посредствомъ ручного рычага, а нижнихъ посредствомъ крана, передвигаемаго по рельсамъ служебнаго мостика, гдѣ рядомъ помѣщаются особыя тележки, на которыя складываются щиты и отвозятся на берегъ. Стоимость штора на 25% больше таковой щитовъ Буле, въ среднемъ же цѣна сооруженія 1 кв. м. затвора исчисляется въ 10,375 франковъ.

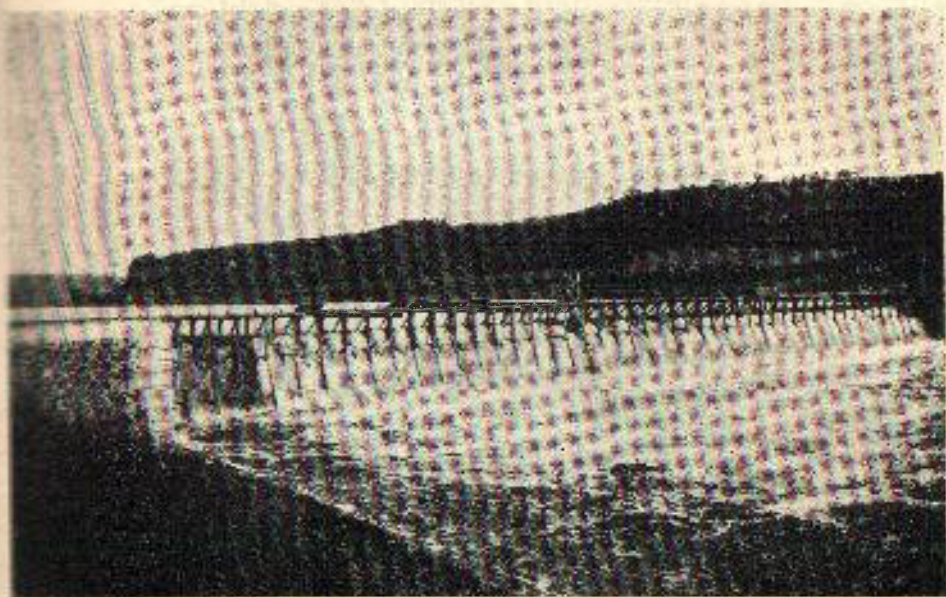


Рис. 10. Плотина системы Поаре со щитами у Libschitz на р. Молдавѣ.

Плотина щитовая въ Libschitz'ѣ (рис. 10 и 11) имѣетъ пролетъ 65 метр., съ подпоромъ въ 3,56 метра. Такъ какъ судоходный пролетъ долженъ былъ имѣть заложение порога флютбета на 4,5 м. ниже подпорнаго горизонта, то считали для этого случая спицевые затворы непримѣнными. Высота фермъ 6 метровъ, вѣсъ ея 1700 клгр. Разстояніе между отдѣльными фермами принято 1,25 м., соединеніе между ними

устроено посредством мостика съ рельсами, изъ которыхъ одна пара служить для крана, а другая для тельжки, на которой перевозятся щиты. Затворъ плотины состоитъ изъ 5 щитовъ, изъ которыхъ нижніе 4 имѣютъ высоту 1,0 м., а верхній, предназначенный для регулированія подпорнаго горизонта, высотой 0,5 м. Плотина устроена такимъ обра-

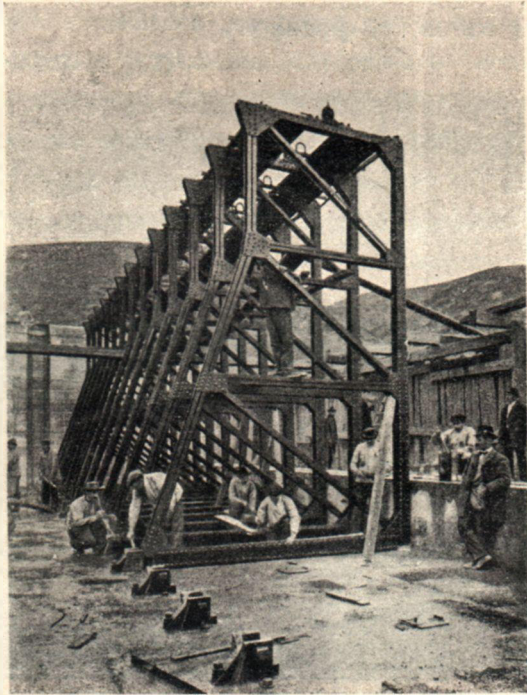


Рис. 11. Фермы Поаре плотины у Libschitz на р. Молдавѣ.

зомъ, что возможно также примѣнить и спицевое загражденіе пролета.

Для полного открытія отверстія въ 65 м. требуется времени около 6-ти часовъ, при чемъ уборка щитовъ производится двумя кранами, а людей необходимо 10 человекъ. Изъ этого времени требуется на уборку щитовъ (въ числѣ 260) 4 ч. 45 м., а остальное время на укладку 51 фермы.

Установка же фермъ требуетъ при хорошей работѣ около 3-хъ часовъ, при чемъ эти результаты вообще нужно считать удовлетворительными.

На плотинѣ Leitmeritz на р. Эльбѣ фермы могутъ укладываться другъ въ друга (рис. 12). Разстояніе между фермами въ 3,90 метр. раздѣлено еще двумя стойками, упирающимися въ служебный мостикъ, подпертый съ низовой стороны тоже стойкой. Вся система вмѣстѣ со служебнымъ мостиномъ можетъ укладываться на флютбетъ.

Въ Россіи въ настоящее время плотины системы Поаре устраиваются на р. Окѣ между Коломною и Рязанью и на Сѣв. Донцѣ. Въ 1913 г. начнутся работы по постройкѣ 5 плотинъ такой же системы на р. Шекснѣ и предполагается примѣнить устройство таковыхъ на р. Дону. Во всѣхъ случаяхъ для плотности затворы проектируются щитовыми.

Для полученія плотнаго затвора при плотинахъ Поаре идея устройства щитовъ является наиболее простой: маневры съ ними легки и удобны, но съ другой стороны они требуютъ довольно большого личнаго состава служащихъ, механическихъ приспособленій и, кромѣ того, подобно шторамъ, передаютъ все давленіе на ферму, вслѣдствіе чего вѣсъ послѣдней сильно увеличивается.

Однимъ изъ существенныхъ недостатковъ щитовъ Буле, является трудность ихъ подъема отъ тренія, поэтому Lavollée и Wender предложили устройство щитовъ болѣе низкихъ и для уменьшенія тренія на каткахъ. Испытаніе ихъ было произведено на плотинѣ Marolles на р. Сентъ (1895 г.), а потомъ на плотинѣ Saint-Mammés на р. Loing (1897 г.). Высота щитовъ 0,42 м., 1,076 м. длины и 0,045 м. толщины и вѣсъ ихъ не болѣе 28 клгр. Щитъ имѣетъ катки въ двухъ плоскостяхъ такимъ образомъ, что онъ катится съ одной стороны по передней стойкѣ фермы, а съ другой—по ребру, раздѣляющей щиты другъ отъ друга по длинѣ ~~плотины~~

Щиты легко могутъ подниматься силой одного рабочаго. Работа подобныхъ щитовъ была вполнѣ удовлетворительна.

Совмѣстно съ устройствомъ разнообразныхъ затворовъ измѣнялись и самыя фермы, пріобрѣтая соотвѣтственную передачу усилій конструктору. Наибольшее измѣненіе постигло ферму при переходѣ отъ спицъ къ шторамъ. Камере и щитамъ, такъ какъ при этомъ существенно измѣнилась передача давленія воды. При спицахъ на ферму дѣйствуетъ лишь около $\frac{1}{3}$ давленія воды, и передается на фермы въ верхней части, почему передняя стойка не работаетъ на изгибъ, а лишь на растяженіе. При щитахъ и и при шторахъ все давленіе воды передается на переднюю стойку фермы, вслѣдствіе чего въ ея панеляхъ получаютъ изгибающіе моменты. Въсь фермъ вслѣдствіе этихъ соображеній сильно возросъ (почти вдвое). Въ описанной нами выше системѣ Поаре, принятой на р. Москвѣ, сдѣлана попытка и при щитовыхъ затворахъ передавать на ферму не все давленіе воды.

Ферма, кромѣ обыкновенной работы отъ дѣйствія подпора, должна имѣть еще достаточную жесткость въ поперечномъ направленіи, такъ какъ при поднятіи и опусканіи она испытываетъ изгибъ подъ вліянемъ собственнаго вѣса и сопротивленія воды.

Видоизмѣненіе конструкции фермы можно до извѣстной степени прослѣдить по схемамъ, представленнымъ на рис. (13—21). При этомъ надо замѣтить, что фермы съ перекрестными раскосами, хотя и хороши въ смыслѣ большей жесткости, но съ другой стороны даютъ нѣкоторую неопредѣленность расчета въ распредѣленіи усилій, почему имѣютъ не экономичныя сѣченія, и есть основаніе думать, что наиболѣе простая однораскосная система съ сжатыми распорками и вытянутыми раскосами (раскосъ длиннѣе распорки) или наоборотъ со сжатыми раскосами и вытянутыми распорками при рациональномъ раздѣленіи

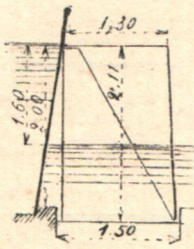


Рис. 13. Epineau.

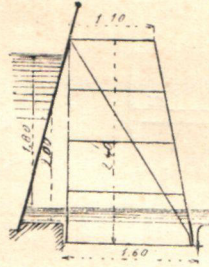


Рис. 14. Moselle.

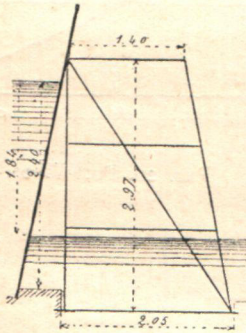


Рис. 15. Ablon.

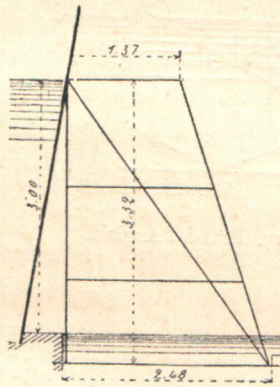


Рис. 16. Martôt.

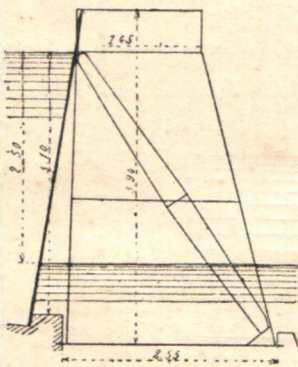


Рис. 17. Meuse Belge.

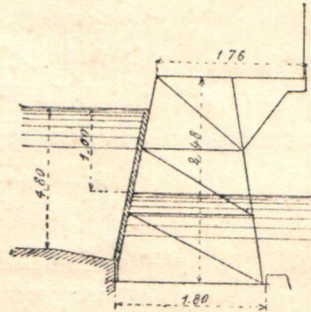


Рис. 18. Moulin-Rouge.

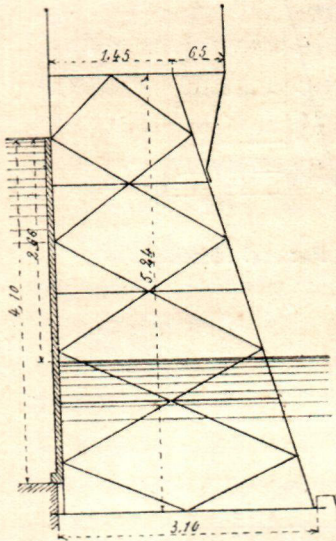


Рис. 19. Port-à-l'Anglais.

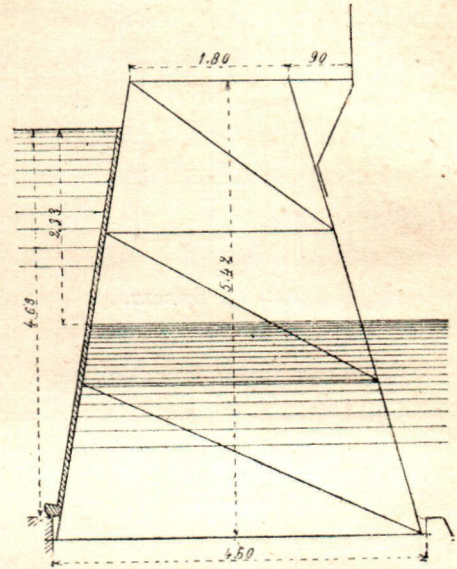


Рис. 20. Port-Villez.

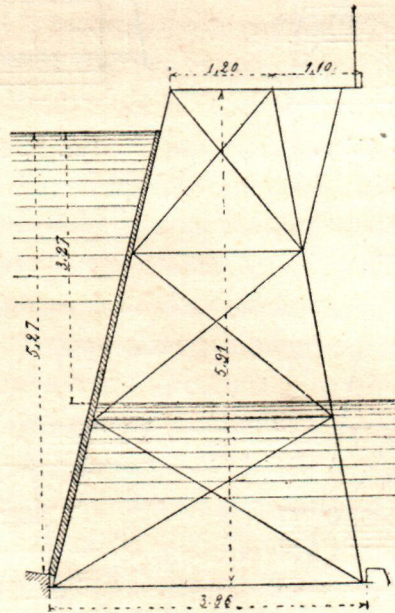


Рис. 21. Suresnes.

фермы по высотѣ на панели даетъ наилучшее рѣшеніе при щитовыхъ затворахъ.

Не останавливаясь на деталяхъ конструкціи фермъ, подшипниковъ, механизмовъ для движенія фермъ и флюгбетовъ, перейдемъ къ общему вопросу, когда лучше примѣнять тѣ или другіе затворы съ фермами Поаре, и въ чемъ заключаются хорошія и дурныя стороны этой конструкціи.

Само собой разумѣется, что, когда измѣненіе горизонтовъ воды въ рѣкѣ, а, слѣдовательно, и расходовъ происходитъ очень быстро, т. е. рѣка имѣетъ быстро наступающіе паводки, то плотина должна легко и быстро разбираться. Какъ мы уже видѣли выше, спицы при надлежащемъ устройствѣ приспособленій быстро и легко убираются, напримѣръ, при крючкахъ Guillemain'a можно открыть (они остаются висѣть на крючкахъ) 100 штукъ спицъ въ 12,5 минутъ, при 20 см. ширины и высотѣ ихъ въ 4 мтр., что даетъ 20 пог. метровъ отверстія. На плотинѣ Big Sandy разборка спицъ совершается еще быстрее—140 спицъ при напорѣ 2,13 м. въ 1 минуту; такъ какъ ширина спицъ $\approx 0,3$ м., то, значить, въ теченіе этого времени можно открыть пролетъ на протяженіи 42 метр.; это уже такая скорость, далѣе которой идти некуда. Между тѣмъ выниманіе щитовъ гораздо медленнѣе, такъ на Молдавѣ требуется на уборку щитовъ на протяженіи 65 метровъ около 4 ч. 45 минутъ, при напорѣ 3,56 метра.

Время, нужное для разборки всей плотины, можно считать какъ при щитовомъ, такъ и спицевомъ затворѣ почти одинаковымъ.

Происходитъ вышеупомянутое явленіе, главнымъ образомъ, вслѣдствіе того, что спицы могутъ оставаться (при способѣ Guillemain'a) на своихъ мѣстахъ, въ то время какъ щиты требуютъ ихъ выниманія. На основаніи вышеизложеннаго можно прійти къ выводу, что примѣненію спицъ въ случаѣ быстрыхъ колебаній горизонтовъ нужно отдать предпочтеніе передъ щитами.

Посмотримъ теперь, какъ производится регулированіе расходами воды при низкихъ стояніяхъ горизонтовъ. Маневры со спицами ведутся слѣдующимъ образомъ: весною послѣ прохода весенней воды, спицы устанавливаются на плотинѣ довольно рѣдко, такъ чтобы въ щели между ними свободно проходила вода; вмѣстѣ со спадомъ воды онѣ все болѣе и болѣе сколачиваются, щели становятся все меньше и меньше. Если бы уже при установленныхъ плотно спицахъ понадобилось увеличить отверстіе плотины, то можно посредствомъ рычаговъ отодвигать спицы противъ теченія, подкладывая подъ нихъ клинья или особо устроенныя для этого приспособленія. Регулированіе такимъ образомъ можетъ быть довольно точное.

При щитовомъ загражденіи послѣ прохода весеннихъ водъ закладывается первый рядъ щитовъ нижній, а съ пониженіемъ горизонта и слѣдующіе ряды; весь же расходъ проходитъ поверхъ щитовъ, какъ черезъ водосливъ.

Отсюда мы видимъ, что при щитовыхъ затворахъ регулированіе горизонтовъ требуетъ снятія щитовъ, тогда какъ при спицевыхъ затворахъ регулированіе можно производить, не снимая спиць.

Однако надо замѣтить, что при спицевомъ затворѣ вода идетъ главнымъ образомъ по низу, вслѣдствіе чего образуется донное теченіе, которое гораздо хуже дѣйствуетъ на сооруженіе, чѣмъ водосливъ.

Самый главный недостатокъ спицевыхъ затворовъ, это недостаточная плотность затворовъ; съ нимъ приходится считаться особенно при низкихъ горизонтахъ, когда расходъ въ рѣкѣ малъ; всѣ же приспособленія, которыя примѣнялись для уплотненія затвора въ видѣ измѣненія сѣченія спиць, бросанія засоряющихъ предметовъ и т. п. не дали благопріятныхъ результатовъ; поэтому на рѣкахъ съ малыми меженными расходами примѣненіе щитовъ является болѣе цѣлесообразнымъ.

Кромѣ того, вмѣстѣ съ возрастаніемъ подпоровъ неудобство примѣненія спицъ все болѣе и болѣе ощущается, такъ какъ спицы или испытываютъ очень большія напряженія, почему служба ихъ бываетъ очень коротка, или выходятъ очень тяжелыми, и манипуляціи съ ними становятся очень трудными, требуютъ сложныхъ приспособленій, какъ это, напримѣръ, имѣетъ мѣсто на р. Big-Sandy. Поэтому для спицевыхъ плотинъ необходимо ограничить высоту подпора, т. е. чтобы длина спицъ не превосходила извѣстной величины, при которой еще удобно было бы обращаться съ ними. Вслѣдствіе изложеннаго при плотинахъ большой сравнительно высоты, когда подпоръ превосходитъ, напримѣръ, 2,5—3 м., желательно уже примѣнять щитовые затворы, а не спицевые.

Что касается сравненія шторъ Камере со щитами, то всѣ преимущества за послѣдними, такъ какъ шторы Камере даютъ, какъ и спицы, донное теченіе, дѣйствующее разрушительно на флютбетъ, имѣютъ тонкую конструкцію, затрудняющую ремонтъ, требуютъ тяжелыхъ крановъ, тельжекъ, тяжелыхъ и солидныхъ фермъ, почему не экономичны какъ въ отношеніи первоначальной затраты, такъ и при эксплуатаціи. Единственное ихъ преимущество предъ щитами заключается въ томъ, что при регулированіи подпора ихъ не приходится снимать и наvertка ихъ при благоприятныхъ обстоятельствахъ происходитъ вообще быстрой выниманія щитовъ, въ особенности нижнихъ. Удачное сочетаніе щитовыхъ затворовъ и шторъ Камере можно видѣть въ плотинѣ de Suresnes, гдѣ пролеты черезъ одинъ закрыты тѣми и другими затворами, при чемъ въ меженное время регулированіе расходовъ совершается посредствомъ щитовъ, а къ поднятію шторъ Камере прибѣгаютъ лишь при необходимости открыть все отверстіе плотины.

Какъ на общій недостатокъ разборчатыхъ плотинъ съ частями, складывающимися на дно, иногда указывается, что желѣзныя части могутъ обмерзать въ водѣ, покрываясь доннымъ льдомъ, и при образованіи довольно большого слоя послѣдняго можно ожидать поднятія уложенныхъ фермъ. Однако, наблюденія надъ доннымъ льдомъ на рр. Невѣ и Свири показали, что такой ледъ можетъ образовываться лишь до тѣхъ поръ, пока рѣка не покрыва льдомъ; какъ только образуется ледяной покровъ, фермы освобождаются отъ льда, и онъ уносится теченіемъ; такъ, напримѣръ, на Шекснѣ обыкновенно уже къ декабрю мѣсяцу фермы совершенно чисты отъ льда. Въ виду такихъ обстоятельствъ гораздо лучше не окалывать льда во время зимы надъ фермами, въ особенности въ томъ случаѣ, когда глубина на порогѣ въ зимнее время не даетъ возможности ледяному покрову примерзнуть къ фермамъ; въ случаѣ возможности такого примерзанія лучше окалывать фермы, позволяя, такимъ образомъ, образовываться донному льду, который, какъ показать опытъ на Шекснѣ, не могъ никогда поднять фермъ. При осеннемъ ледоходѣ иногда скопляется ледъ на фермахъ, но, благодаря сравнительной мягкости послѣдняго, онъ скоро сносится идущимъ льдомъ безъ всякихъ поврежденій для фермъ Поаре.

Такъ какъ разборка плотинъ Поаре должна производиться до начала осенняго ледохода, то весьма важно выяснить, насколько это обстоятельство можетъ отозваться на интересахъ судоходства въ смыслѣ сокращенія навигаціоннаго времени. Для этой цѣли приводимъ свѣдѣнія о времени разборки плотины, начала и конца ледохода на р. Шекснѣ, изъ которыхъ видно, что въ періодъ 1901 — 1912 гг. навигация сокращалась не болѣе, чѣмъ на 8 дней.

ГОДЪ.	Начало разборки.		Температура.		Начало ледохода.		Ледоставъ.	
	Мѣ-сяцъ.	Число.	Воз-духа.	Воды.	Мѣ-сяцъ.	Число.	Мѣ-сяцъ.	Число.
1901	Октяб.	14	— 3	0	Октяб.	22	Октяб.	30
1902	"	1	— 1	+ $\frac{1}{4}$	"	3	Нояб.	3
1903	"	1	— $3\frac{1}{2}$	+ $\frac{1}{8}$	"	1	"	30
1904	"	22	— 7	0	"	23	"	7
1905	"	24	— 3	+ $\frac{3}{4}$	"	25	Декаб.	6
1906	"	10	— 2	+ $\frac{1}{4}$	"	13	Октяб.	29
1907	"	19	— 2	+ $2\frac{3}{4}$	"	20	Нояб.	4
1908	"	10	— 5	+ $\frac{1}{2}$	"	18	Октяб.	28
1909	Нояб.	1	— 1	+ 1	Нояб.	3	Нояб.	8
1910	Октяб.	15	— 4	+ $\frac{1}{2}$	Октяб.	16	Октяб.	22
1911 ¹⁾	"	3	— 1	0	"	3	"	—
	"	9	— 4	+ $\frac{1}{2}$	"	9	"	—
	"	21	— 4	+ $\frac{2}{3}$	"	22	Нояб.	23
1912	"	10	— 11	+ $\frac{1}{8}$	"	10	Октяб.	16

Разборка плотинъ начиналась обыкновенно при $\frac{1}{2}^{\circ}$ воды и 4° воздуха. Если температура воздуха понижается съ 4° до $6-8^{\circ}$ мороза, то черезъ 3—4 часа появляется уже сало, а черезъ $\frac{1}{2}$ сутокъ и ледоходъ. Въ года 1911—1908 послѣ разборки, температура воздуха не только не понижалась, но даже повышалась, вслѣдствіе чего рѣка оставалась еще нѣкоторое время свободной.

¹⁾ Въ 1911 году, вслѣдствіе раннихъ заморозковъ и послѣдовавшихъ оттепелей плотины собирали 3 раза.

Перейдемъ теперь къ описанію нѣкоторыхъ примѣровъ шлюзованія рѣкъ плотинами системы Поаре.

Во Франціи прежде всего было шлюзовано нижнее теченіе р. Сены на 7 килом. выше Парижа до Rouen'a. На протяженіи 232 килом. устроено въ общемъ 9 сооружений, причемъ судоходство возможно съ осадкою въ 3 метра. Извилистая Сена имѣетъ ниже Парижа паденіе въ 25 м., до устья Oise, ширину до 200 м. а ниже послѣдней до 300 м. Наименьшій расходъ достигаетъ 60 куб. м., а при высокой водѣ возрастаетъ до 2.200 куб. м. Вліяніе морскихъ приливовъ достигаетъ до Poses. (40 килом. выше Руана); шлюзование было произведено безъ особыхъ затрудненій и дало очень благопріятные результаты, такъ какъ раньше наименьшая глубина была 0,70 м, а стала 3,30 м.

Каждое сооруженіе имѣетъ большой и малый шлюзъ. Первые предназначены для прохода каравановъ, и черезъ нихъ могли проходить 4—6 большихъ судовъ. Въ малыхъ шлюзахъ могли проходить суда до 50 м. длины и 8 м. ширины. Шлюзовые каналы имѣютъ по низу 25 м. ширины. Малые шлюзы имѣютъ ширину въ свѣту 8,20 м. и 60 м. длины между королями, большіе шлюзы 12 м. въ головахъ и 17 м. въ камерѣ при 160 до 179,5 м. длины. Отверстія съ большими подпорами у Poses, Suresnes, Bezons, и Andrésy и у Villez закрыты шторами и щитами, а съ небольшими подпорами—спицами. Спицевые затворы примѣнены при подпорахъ не выше 2,80 м., такъ какъ за этими предѣлами спицы выходили слишкомъ тяжелыми.

Верхняя Сена отъ устья Марны у Port-à-l'Anglais до Jonne у Montereau шлюзована 11 плотинами спицевыми, съ глубиною судового хода въ 2,00 м., тогда какъ раньше глубина была только 0,50 м.

Въ Германіи при шлюзованіи Одера отъ Kosel до устья Neisse была достигнута глубина, обеспечивающая проходъ для судовъ въ 450 тоннъ, въ то время, какъ раньше воз-

можно было движение судовъ съ водоизмѣщеніемъ лишь въ 200 тоннъ. Шлюзованный участокъ имѣетъ 84 килом. длины, паденіе 1 : 3150. Подпороъ 12-ти сооружений колеблется отъ 1,75—2,60 м., а длина отъ 4,3—8,5 килом. Отверстія плотинъ отъ 77,8—125 м. ширины и состоятъ изъ двухъ водоспусковъ и одного судоходнаго пролета въ 25 м. Спицы имѣютъ видъ брусевъ равнаго сопротивленія, т. е. утоняются отъ середины къ концамъ, толщина въ среднемъ 10 см., и въ водоспускахъ 3,80 метра длины, а въ судоходномъ пролетѣ 4,50 метра. Шлюзы имѣютъ 55 метровъ длины и 9,6 метровъ ширины, глубина на королѣ 2 м.

Кромѣ того, шлюзованы Saar, Mosel, Netze, Майнъ между Франкфуртомъ и Рейномъ, Шпрее, Fulda и Эмсъ. Плотины вездѣ примѣнены системы Поаре спицевыя, за исключеніемъ Шпрее и Netze, гдѣ примѣнены щитовые затворы.

Р. Fulda шлюзована 7-ю сооружениями съ подпорами 2,0—3,62 м. Отверстія плотинъ 46—57 м. Кромѣ плотинъ съ фермами Поаре имѣются еще глухія плотины на случай пропуска льда при закрытыхъ разборчатыхъ частяхъ.

На Saar и Mosel глубина достигнута въ 2,00 м. для 300-тоннаго судна, а на Netze—1,2 м.

На Майнѣ между Франкфуртомъ и Рейномъ достигнута глубина 2,50 м., которая позволяетъ проходъ судовъ съ водоизмѣщеніемъ въ 1.000 тоннъ. Участокъ въ 36 килом. длины и имѣлъ прежде при 10,4 м. паденія глубину только 1,00 м. Пролетъ плотинъ закрыть спицевыми затворами съ фермами Поаре, судоходные пролеты закрыты щитами Дефонтена; перепады колеблются отъ 1,8—2,7 м.

Плотины имѣютъ отверстія отъ 108 до 164 метровъ и отъ 2 до 4 отверстій.

Плотины Шаноана.

Прежде, чѣмъ приступить къ описанію плотинъ системы Шаноана, мы считаемъ полезнымъ сказать нѣсколько словъ объ интересной съ исторической точки зрѣнія плотинѣ Тенара, устроенной на р. Isle притока р. Dordogne. Плотина состоитъ изъ повышеннаго флютбета, въ кладку котораго задѣланъ деревянный брусъ. Къ нему на шарнирахъ прикрѣплены съ одной стороны щиты, а съ другой контръ-щиты, нѣсколько меньшей высоты (рис. 22). Щиты удерживаются въ поднятомъ положеніи посредствомъ под-

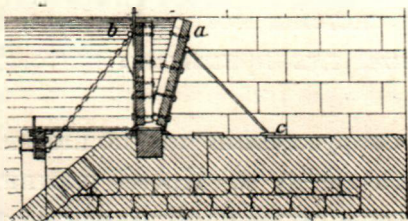


Рис. 22. Щиты Тенара.

коса, а контръ-щиты посредствомъ раздвоенной цѣпи, прикрѣпленной къ забитому съ верховой стороны ряду свай. Контръ-щитъ удерживается отъ поднятія водою посредствомъ щелкдѣ, автоматически

дѣйствующихъ при паданіи контръ-щита. Работа плотины Тенара такова: сначала посредствомъ продольныхъ полосъ отстегивается контръ-щитъ; при пониженіи горизонта нижняго бьефа до уровня флютбета устанавливаются уже и самые щиты съ подкосомъ вручную, и тогда подъ вліяніемъ собственнаго вѣса контръ-щиты падаютъ и застигиваются вновь. Для открытія плотины посредствомъ продольной рейки опускаютъ подкосъ, и щитъ падаетъ на флютбетъ. Плотина эта не имѣла распространенія, такъ какъ обладала слѣдующимъ крупнымъ недостаткомъ: поднятіе щитовъ возможно лишь въ томъ случаѣ, если горизонтъ нижняго бьефа спадетъ до довольно низкаго уровня, такъ какъ иначе установленные контръ-щиты не могутъ

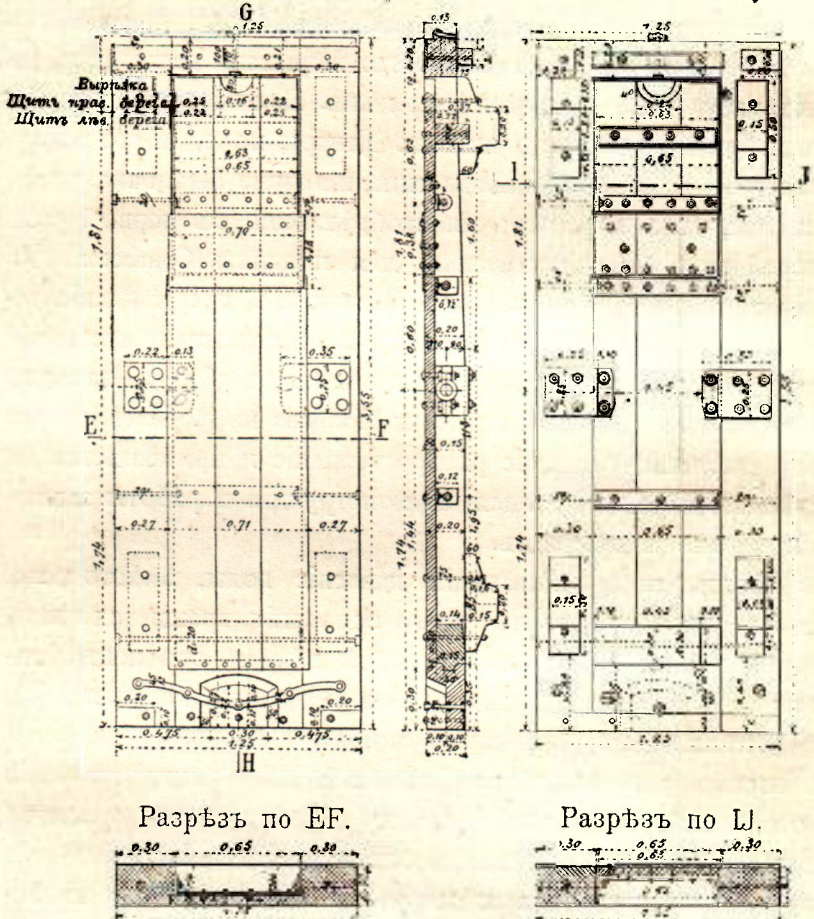
оказать достаточной защиты отъ воды, а между тѣмъ это необходимо для установки щитовъ и подкосовъ. Это же обстоятельство заставляетъ поднимать высоко флютбетъ.

Наконецъ, контръ-щиты слишкомъ быстро поднимались подъ напоромъ воды, такъ что вырывали даже сваи, къ которымъ были прикрѣплены цѣпи. Эти недостатки помѣшали распространенію щитовъ Тенара, но идея его послужила къ созданію новаго типа плотины Шаноана, называемой такъ по имени ея изобрѣтателя. Въ первый разъ послѣдняя была примѣнена для плотины Courbeton, гдѣ вмѣсто контръ-щитовъ для временнаго прегражденія теченія рѣки, былъ употребленъ обыкновенный спицевой затворъ по системѣ Поаре. Наконецъ, въ 1857 г. Шаноанъ предложилъ ее и для плотины Conflans на р. Сентъ, откуда она получила большое распространеніе и примѣняется до сихъ поръ. Общая идея ея конструкціи и работы заключается въ слѣдующемъ.

Щитъ, поддерживающій давленіе воды, вмѣсто того, чтобы вращаться около своего основанія, вращается около горизонтальной оси, помѣщенной вблизи отъ центра давленія подпора (т. е. между $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{2}$ по высотѣ щита). Въ поднятомъ положеніи щитъ опирается нижнимъ ребромъ о порогъ, устроенный на флютбетѣ. Пока центръ давленія воды находится ниже по своему положенію оси вращенія щита, послѣдній остается поднятымъ. Съ повышеніемъ же подпорнаго горизонта и съ увеличеніемъ давленія на болѣе длинную свѣшивающуюся верхнюю часть, щитъ опрокидывается и не препятствуетъ прохожденію потока. Но этимъ вопросъ еще не исчерпывается, такъ какъ затворъ не даетъ свободнаго судоходнаго пролета. Поэтому по предложенію Шаноана горизонтальная ось вращенія щита помѣщена въ вершинѣ треугольника, одна сторона котораго, называемая подкосомъ, упирается во флютбетъ, а

другая — рама — соединена съ флютбетомъ шарниромъ (рис. 23 и 24).

Фасадъ сверху. Разрѣзь по СН. Фасадъ снизу



ДЕТАЛИ ЩИТА.

Рис. 23.

Всѣ подкосы управляются рейкою, подобной рейкѣ Тенара. Посредствомъ рейки можно вывести подкосъ

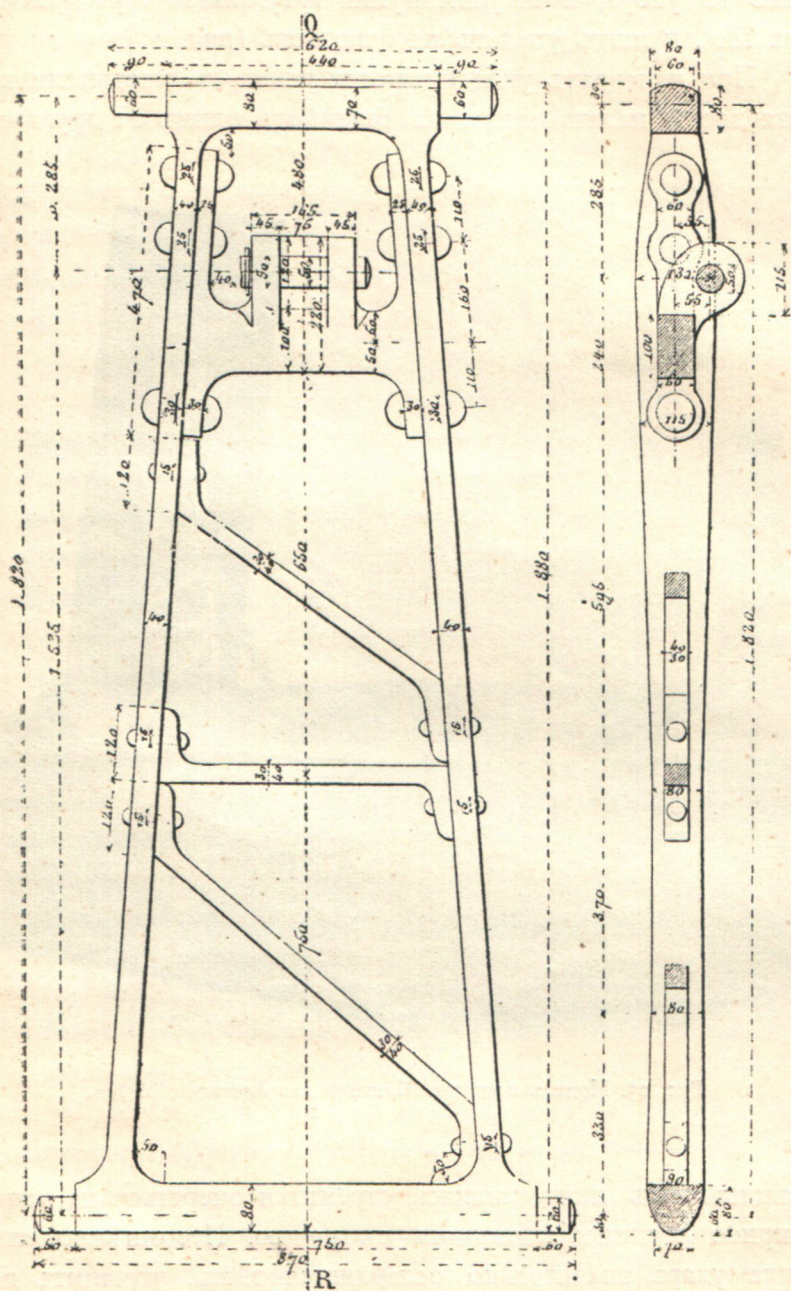


Рис. 24. Детали рамы.

изъ за упора, вышеупомянутый треугольникъ раскроется на 180° , и щитъ упадетъ на флютбетъ (рис. 25).

При маневрахъ укладки, когда рейка съ выступами за-
ставляетъ падать щиты на флютбетъ одинъ за другимъ,

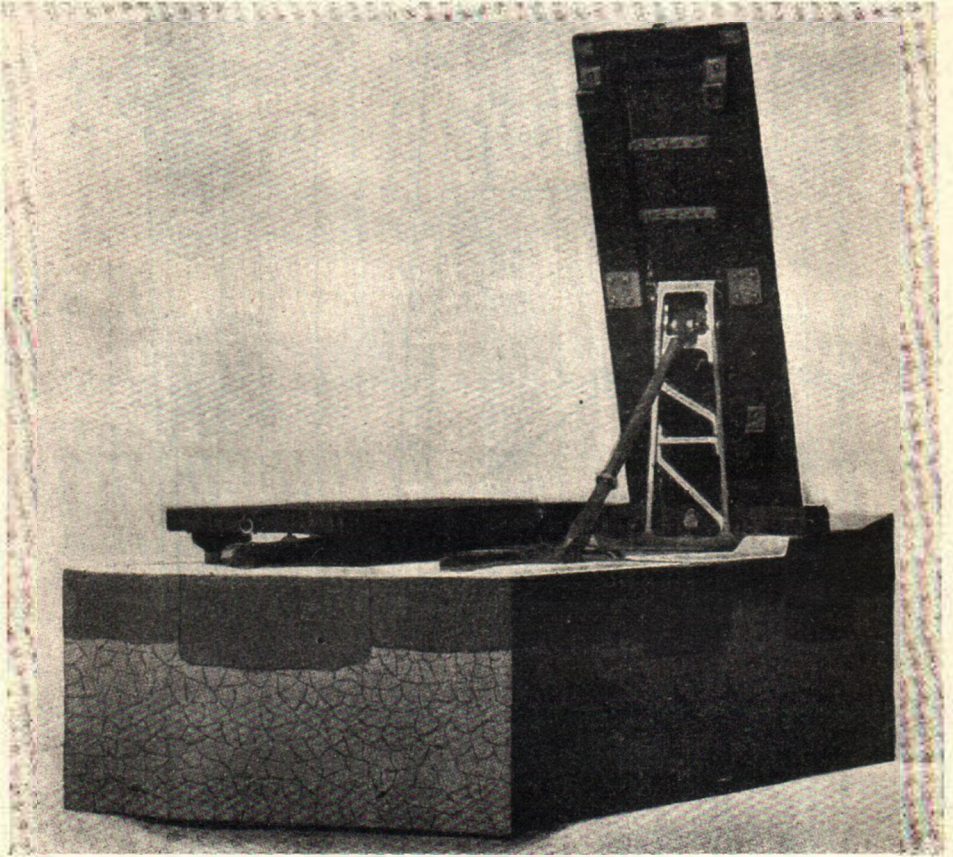


Рис 25. Модель плотины Шапоана для плотины d'Ablon.

каждый изъ нихъ, ложась, стремится опереться на шарнирное соединеніе подкоса съ рамою. Несомнѣнно, что сила удара значительно ослабляется тѣмъ, что щитъ на уровнѣ нижняго бѣсфа встрѣчаетъ слой воды, который

уменьшаетъ скорость его паденія. Однако лучше избѣжать удара щита о флютбетъ, прикрѣпивъ съ низовой стороны щита планки такой высоты, чтобы при соприкосновеніи ихъ съ флютбетомъ движеніе остановилось раньше, чѣмъ произойдетъ соприкасаніе щита съ шарнирными сочлененіями.

Для поднятія щита его захватываютъ за нижній край при помощи багра или заранѣе прикрѣпленной цѣпи. Протягивая

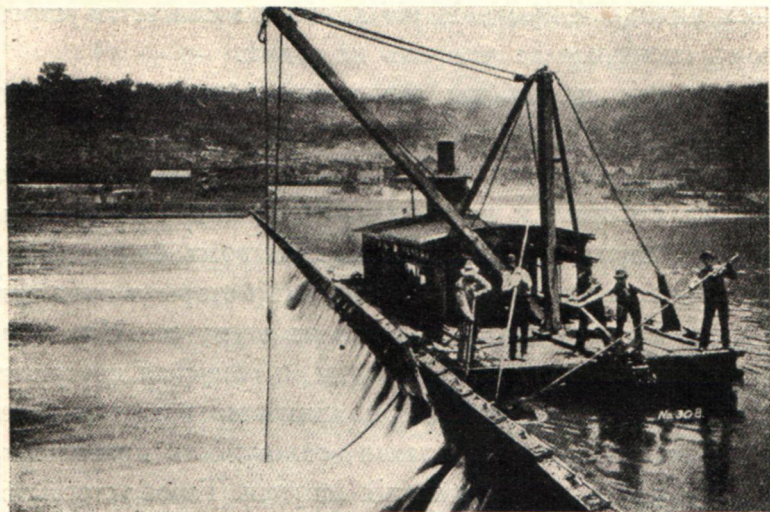


Рис. 26.

его въ направленіи, обратномъ теченію, приподнимаютъ такимъ образомъ и раму, вращая ее вокругъ оси закрѣпленія и увлекая вмѣстѣ съ тѣмъ и подкосъ (рис. 26). Последний движется по канавкѣ коробки, пока не перескакиваетъ черезъ упорный выступъ. Такимъ образомъ, треугольникъ приводится и закрѣпляется въ устойчивомъ положеніи, но щитъ еще находится въ горизонтальномъ положеніи. Однако, достаточно въ этомъ случаѣ лишь одного удара багромъ или притягиванія верхней части его, и щитъ устанавливается

въ нормальное положеніе. Согласно идеѣ Шаноана всѣ операціи, необходимыя для поднятія щитовъ, производятся съ судна, помѣщаемого съ верховой стороны плотины. На суднѣ имѣется лебедка съ блокомъ, черезъ который перекидывается цѣпь, идущая отъ нижняго конца щита. Дѣйствуя на лебедку, легко поднять и щитъ. При этомъ, конечно, необходимо имѣть въ виду, что судно должно имѣть своимъ упоромъ поставленные ранѣе щиты плотины, а слѣдовательно, давленіе отъ него должно передаваться ниже оси вращенія щита, что и достигается устройствомъ специальныхъ упоровъ на суднѣ.

Вслѣдствіе неудобства маневровъ вручную со щитами съ маневого судна, устраиваютъ также съ верховой стороны рядомъ съ ними фермы Поаре для поддержанія мостика, съ котораго и можно было бы выполнять маневры. Хотя поднимать щиты можно посредствомъ багра, но все-таки лучше пользоваться цѣпями, изъ которыхъ одна прикреплена къ низу щита, а другая къ верху его. Натягивая одну цѣпь съ помощью лебедки и отпуская другую на достаточную длину, рабочій поднимаетъ или опускаетъ щитъ, чѣмъ достигается полная возможность правильнаго регулированія и маневрированія щитами. Такое устройство и было примѣнено на плотинѣ Couzon на р. Saône, построенной въ 1877 г.

Вышеописанная плотина Шаноана вполне легко открывается при неожиданно появившемся наводкѣ, но не можетъ сама придти въ прежнее положеніе постѣ прохода наводка, т. е. не можетъ регулировать расходъ автоматически.

Автоматическое дѣйствіе щитовъ Шаноана особенно важно при примѣненіи послѣднихъ для водосливовъ, предназначенныхъ какъ разъ для вышеупомянутой цѣли регулированія подпорныхъ горизонтовъ. Въ первоначальныхъ проектахъ 1859 и 1860 года на плотинахъ верхней Сены и

Юппе'ы щиты были устроены такимъ образомъ, чтобы они не переворачивались раньше, чѣмъ слой переливающейся воды не достигнетъ заранее заданной величины, и какъ только горизонтъ понижался, такъ щиты должны были возвращаться въ свое нормальное положеніе. Для этого казалось необходимымъ лишь такое устройство щита, чтобы при вращеніи его не получался бы уклонъ въ сторону теченія, и верхняя часть была бы уравновѣшена съ нижней. Тѣхъ-же результатовъ Шаноанъ хотѣлъ достигнуть при помощи цѣпи и противовѣса, перемѣщающагося по высотѣ щита, но въ этомъ отношеніи опытъ не оправдалъ надеждъ Шаноана, такъ какъ возвращеніе щитовъ въ нормальное положеніе, хотя и происходило, но при значительномъ пониженіи горизонта, почему Шаноанъ и отказался отъ этой мысли въ 1868 году.

Для возможности по желанію приданія щиту большей устойчивости и для облегченія автоматической установки при операциі ихъ поднятія Буле предложить подъ обвязкой щита устраивать отверстіе, закрываемое щиткомъ, вращающимся на горизонтальной оси (ось расположена на одной трети его высоты). Открывая этотъ щитокъ (рис. 27) толчкомъ багра, вода даемъ выходъ, вслѣдствіе чего уменьшается давленіе на верхнюю часть щита, и послѣдній получаетъ большую устойчивость, т. е. можетъ вернуться въ свое первоначальное положеніе. Удобство примѣненія такихъ щитковъ заключается еще въ томъ, что можно регулировать небольшими расходами воды, не открывая щитовъ. Опытъ устройства этихъ щитковъ автоматическими тоже не далъ хорошаго результата, такъ какъ дѣйствіе ихъ зависить отъ довольно случайныхъ причинъ, и работа ихъ была вполне цѣлесообразна лишь при управленіи ими вручную. Поэтому можно снабжать ихъ даже задвижками, не позволяя имъ открываться самостоятельно.

горизонтъ нижняго бьефа поднимается у плотины, результатомъ чего является паденіе и другихъ щитовъ. Весь верхній бьефъ спускается и производитъ искусственный паводокъ, что, конечно, влечетъ недоразумѣнія какъ съ владѣльцами прибрежныхъ земель, такъ и съ судоходствомъ.

Подобные случаи имѣли мѣсто на плотинахъ Шаноана на р. Юннѣ и Верхней Сенѣ, гдѣ раньше дѣйствовали автоматическіе водосливы. Такъ, напримѣръ, на р. Юннѣ вслѣдствіе вращенія щитовъ образовывался паводокъ, доходившій даже до Парижа. То же самое происходило и на Верхней Сенѣ, гдѣ, напримѣръ въ 1879 году, изъ 215 дней закрытыхъ плотинъ пришлось около 202 дней, когда происходило автоматическое вращеніе щитовъ. Теоретическое рѣшеніе этого вопроса оказывается недостаточно точнымъ, такъ какъ основано на равновѣсіи статическихъ давленій. Изъ практики можно вывести слѣдующія данныя: когда порогъ поднять, и уровень нижняго бьефа подымается надъ нимъ на значительную высоту лишь тогда, когда плотину приходится открывать, то нижнюю часть можно дѣлать равной 0,36 всей его длины. Когда флютбетъ пониженъ, щиты имѣютъ большіе размѣры и автоматическое вращеніе не должно имѣть мѣста, то слѣдуетъ довести длину нижней части до 0,49 общей длины, что и исполнено въ настоящее время на Сенѣ. Конечно это крайніе предѣлы, между которыми, въ зависимости отъ тѣхъ или другихъ мѣстныхъ условій, и можно задаваться положеніемъ оси вращенія.

Конструкція плотины Шаноана съ теченіемъ времени получила измѣненія, которыя значительно улучшили ея работу. Не входя въ разсмотрѣніе деталей, замѣтимъ только слѣдующее обстоятельство. Подкосъ, какъ указано выше, упирается въ упорную коробку съ выступомъ; благодаря имѣющемуся въ мѣстѣ соединенія подкоса съ

рамой особому устройству, которое даетъ возможность отклоняться лишь въ сторону хода по коробкѣ, подкосъ выводится продольной рейкой съ уступами изъ плоскости, перпендикулярной къ щиту, и тогда, скользя по стѣнкѣ коробки, укладывается на флютбѣтъ. Вышеуказанная рейка на извѣстныхъ промежуткахъ поддерживается горизонтальными катками, по которымъ она катится, будучи удерживаема въ то же время отъ поднятія крючками, а съ боковъ двумя направляющими желѣзными полосами. Рейка съ выступами управляется съ берега при помощи механизма, помѣщенного въ колодецъ, устроеннаго для этой цѣли въ кладкѣ. Такое устройство примѣнено, на примѣръ, въ Бельгіи на р. Meuse. Эта рейка и механизмъ должны, съ одной стороны, быть достаточно прочны, чтобы преодолѣть случайныя препятствія въ видѣ камней и другихъ предметовъ; съ другой стороны, выступы надо разставлять на взаимныхъ разстояніяхъ, отличающихся отъ разстояній между щитами; причемъ при большемъ числѣ щитовъ нельзя управлять одной рейкой, такъ какъ перемѣщеніе крайняго выступа не должно быть болѣе разстоянія между щитами; въ этомъ случаѣ ихъ приходится заставлять падать группами или устраивать двѣ рейки съ праваго и лѣваго берега. Существованіе этой рейки составляло одинъ изъ существенныхъ недостатковъ плотинъ Шаноана, такъ какъ она очень плохо дѣйствуетъ, быстро разрабатывается, требуетъ ремонта и наблюденія, наконецъ, механизмы въ колодцахъ засоряются. Для улучшенія работы рейки и точности ея дѣйствія различные авторы предлагали разныя усовершенствованія въ видѣ контръ-выступовъ, приспособленія Ламберга, но всѣ эти усовершенствованія не имѣли никакого успѣха.

Значительное улучшеніе введено лишь инж. Паско, который предложилъ систему коробки, называемую его именемъ, устраняющую необходимость имѣть рейку съ выступами (рис. 28 и 29). Коробка Паско отличается отъ

таковой Шаноана тѣмъ, что имѣеть два выступа, одинъ упорный, полукруглый въ планѣ, съ котораго пята подкоса не можетъ сойти въ стороны, а другой ближе къ верховому концу коробки, наклонный къ оси послѣдней; на этомъ выступѣ пята подкоса вовсе держаться не можетъ и скользитъ по коробкѣ вбокъ и внизъ по теченію. Установка плотины совершается, какъ при коробкѣ Шаноана. Для укладки же щита достаточно потянуть за цѣпь нижней части его, чтобы перевернуть; затѣмъ продолжать тянуть до тѣхъ поръ, пока подкосъ не перескочитъ черезъ уступъ, тогда начинать спускать цѣпь. Подкосъ будетъ направляться къ желобу, и щитъ медленно и безъ толчковъ ложится на флютбетъ. Преимущество коробки Паскё заключается еще и въ томъ, что съ устраненіемъ рейки щиты становятся независимыми другъ отъ друга, они могутъ быть укладываемы на флютбетъ безъ соблюденія какой-либо послѣдовательности, наконецъ и при исполненіи работъ можно раздѣлить всю плотину на части въ отдѣльныхъ перемычкахъ, въ то время какъ при системѣ Шаноана приходится рейку укладывать одновременно на всемъ пролетѣ.

Вышеуказанное манипулированіе со щитами посред-

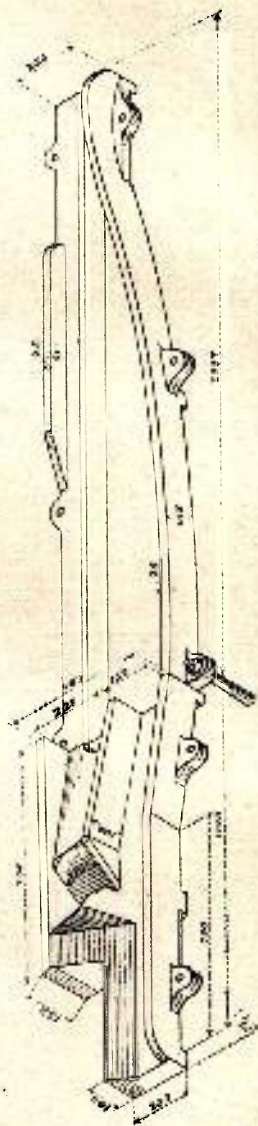
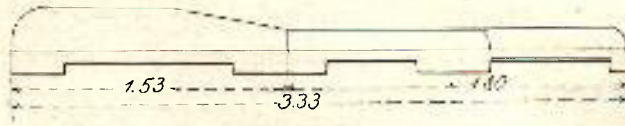


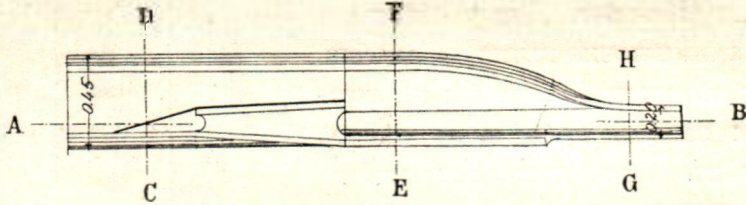
Рис. 23. Коробка Паскё (плотина на р. Ohio у вѣтв. Дави).

СТВОМЪ судна съ упорами на поставленные уже щиты
ВОЗМОЖНО лишь при сравнительно низкихъ горизонтахъ

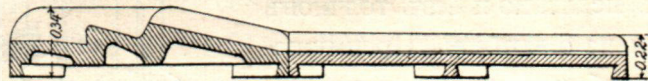
БОКОВОЙ ВИДЪ



ПЛАНЪ



РАЗРѢЗЪ по АВ



РАЗРѢЗЪ по CD РАЗРѢЗЪ по EF РАЗРѢЗЪ по GH



КОРОБКА PASQUEAU.

Рис. 29.

воды, такъ какъ иначе можно вызвать опрокидывание щитовъ. Поэтому инж. Vonneau предложилъ было для р. Joinne, гдѣ приходится, во избѣжаніе перерыва въ судо-

ходствѣ, подымать плотину, когда высота воды надъ порогомъ еще велика, особое приспособленіе, благодаря которому всякая опасность работы въ рѣкѣ съ быстрымъ теченіемъ была устранена, и, кромѣ того, поднятіе щитовъ возможно при всякой высотѣ воды надъ порогомъ. Маневровое судно располагается съ верховой стороны плотины уже не нормально къ теченію, а вдоль его и прикрѣпляется своей посовой частью къ канату который прикрѣпленъ къ неподвижной точкѣ. Приводя во вращеніе лебедку* и пользуясь силой теченія, можно отодвигать и приближать судно къ плотинѣ. Захвативъ щитъ приводятъ въ движеніе судно и этимъ устанавливають щитъ на мѣсто. При первыхъ опытахъ точку причала судна располагали на значительномъ разстояніи съ верховой стороны отъ плотины. Судно поэтому могло вращаться около этой точки въ предѣлахъ ширины пролета плотины и устанавливаться противъ каждаго щита. Неудобство этого расположенія заключалось въ томъ, что на крайніе щиты приходилось дѣйствовать подъ острымъ угломъ, почему въ установкѣ появлялись вредныя дополнительныя скручивающія усилія. Поэтому перешли къ нѣскольکو другой схемѣ маневровъ.

Маневровое судно зачаливалось къ лодкѣ, могущей двигаться вдоль цѣпи, уложенной выше плотины поперекъ рѣки; такимъ образомъ оно можетъ быть всегда поставлено противъ поднимаемаго щита *).

Кромѣ упомянутыхъ уже выше плотинъ системы Шапоана на р. Юннѣ и р. Сенѣ у Port-à-l'Anglais можно указать еще на цѣлый рядъ другихъ примѣненій этой же системы; опишемъ только нѣкоторыя изъ нихъ.

Въ девяностыхъ годахъ система Шапоана была примѣ-

*) Свѣдѣнія о гидравлическихъ приспособленіяхъ для опусканія и подниманія щитовъ можно найти въ Ztbl. Bauv. 1909 г. стр. 340 и Annales d. P. et Ch. 1873 г.

нена на плотинѣ Mulatière у г. Лиона на р. Saône, немного выше слиянія ея съ Роной. Плотина имѣетъ пролетъ длиною 103,6 м. Горизонтъ верхняго бьефа возвышается надъ порогомъ на 4 метра, и при меженномъ горизонтѣ подпоръ опредѣляется въ 2,6 метра. Маневръ со щитами производится со служебнаго мостика, устроеннаго съ верховой стороны на 2 метра выше нормальнаго подпорнаго горизонта.

Щиты имѣютъ размѣры 4,36 м. высоты и 1,40 м. ширины, зазоръ между щитами 0,10 м. Ось помѣщена по срединѣ высоты, почему они самостоятельно не могутъ вращаться. Маневры производятся паровой лебедкой, и на поднятіе плотины требуется 7—8 часовъ, а для укладки 4,5 часа. Щиты имѣютъ щитки размѣровъ 1,55 × 0,90 метр., и сдѣланы изъ корытообразнаго желѣза, покрытаго листовымъ желѣзомъ, толщиною 4 мм. Коробка системы Паско. Фермы служебнаго мостика имѣютъ высоту 6,80 м. При этихъ размѣрахъ, если помѣстить по одной фермѣ противъ каждаго щита, онѣ при укладкѣ ложились бы одна на другую, пришлось бы дѣлать большое углубленіе флютбета. Поэтому фермы разставлены на разстояніи въ 3 метра. Плотина Mulatière вполне удовлетворяла своему назначенію, только фермы служебнаго мостика оказались слишкомъ слабыми и при подниманіи часто ломались. Но это, конечно, не относится къ недостаткамъ самой системы.

Въ Сѣв. Америкѣ плотины Шаноана примѣнены на р. Ohio, которая совместно со своими притоками: Kanawha, Miskingum, Kentucky и Sandy образуетъ одинъ изъ важнѣйшихъ водныхъ путей Америки, соединяя гор. Pittsburg со многими большими городами. Нижняя часть Ohio приведена въ судоходное состояніе посредствомъ регулированія, въ то время какъ верхняя часть отъ города Pittsburg'a шлюзована и еще продолжаетъ шлюзоваться съ 1885 года (проектируется на ней до 54 сооружений). Плотины устроены по сис-

темъ Шаноана. Щиты остаются на флютбетѣ въ лежащемъ положеніи въ продолженіе зимнихъ мѣсяцевъ. Уклонъ на этой части р. Ohio великъ, и весеннія воды поднимаются быстро. Чтобы дать завѣдывающему плотиной болѣе времени для открытія плотины, а также облегчить прохожденіе льдинъ при сохраненіи подпора, на нѣкоторыхъ изъ этихъ плотинъ были построены щитовые за-

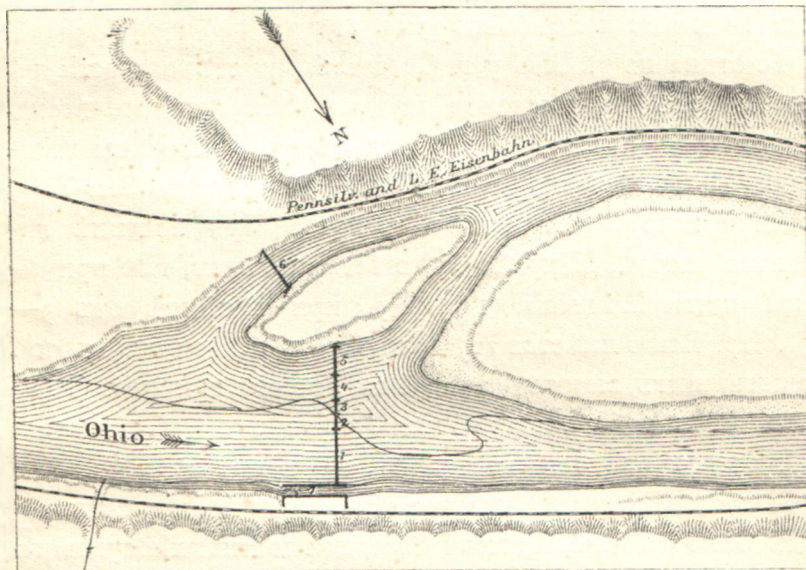


Рис. 30. Планъ расположенія сооруженій на р. Ohio у остр. Davis.

творы системы «Bear-Trap», о которыхъ будетъ сообщено ниже.

Приведемъ вкратцѣ свѣдѣнія о нѣкоторыхъ изъ указанныхъ выше плотинъ.

Плотина у острова Davis на р. Ohio (рис. 30) построена по системѣ Шаноана съ примѣненіемъ коробки Паско. При устройствѣ этой плотины имѣлось въ виду обезпечить безпрепятственный пропускъ паводковъ. Пролетъ имѣетъ длину 170,5 метр. Въ цѣляхъ предосторожности были организо-

ваны три способа маневровъ: при помощи служебнаго мостика, маневроваго судна и крана, передвигаемаго по поперечному пути на днѣ рѣки.

Но, вслѣдствіе отложенія наносовъ, отказались отъ катучаго крана, а такъ какъ служебные мостики были снесены паводками и ихъ не возобновили, то оставалось маневровое судно, которое было увеличено противъ размѣровъ, приданныхъ первоначально Шаноаномъ, и на немъ поставили еще локомобиль (рис. 31).

Плотина на р. Ohio у г. Cincinnati имѣетъ отверстіе въ 270 метровъ, закрываемое щитами Шаноана, на всемъ судоходномъ пролетѣ, другія три отверстія плотины величиною каждое въ 23,8 метра закрыты по системѣ Bear-Trap, описаніе которой мы приведемъ ниже. При плотинѣ находится шлюзъ. Ширина флютбета плотины, гдѣ примѣнены щиты Шаноана, 14 метр. при толщинѣ отъ 3—4,5 метр. Всего имѣется 225 щитовъ, съ наклономъ въ 70°. Каждый щитъ, высотой 5 метр. и 1,10 метр. ширины. Стоимость всѣхъ работъ около 6 милл. франковъ. Работа начата въ 1905 г. и окончена въ 1910 г.

Плотина Шаноана была примѣнена еще на американской рѣкѣ Great-Kanawha, притокѣ Ohio, для достиженія судового хода въ 2,1 метр. глубины.

Всего было построено 10 сооружений съ подпорами отъ 1,8 до 4,5 метр. со шлюзами 93—103 метр. длины и 15—16,5 метр. ширины. Длина плотинъ колебалась между 158—200 метр.; кромѣ двухъ, всѣ остальные имѣютъ судоходные пролеты около 75 метровъ, съ разборчатыми частями Шаноана. Передъ шлюзами же, связанными съ глухими плотинами, устроены спицевыя плотины, чтобы образовывать перемычки въ случаѣ порчи воротъ. Плотины Шаноана устроены съ коробкой Паско. Маневры съ плотиной производятся съ мостика, устроеннаго на фермахъ Поаре и для маневрированія щитами имѣется подвижная лебедка. Пло-

тина укладывается, какъ только судовой ходъ естественно, при повышеніи горизонта, пріобрѣтаетъ требуемую глубину 2,1 метр. Въ 1892 г. это случилось 5 разъ. Маневры произво-

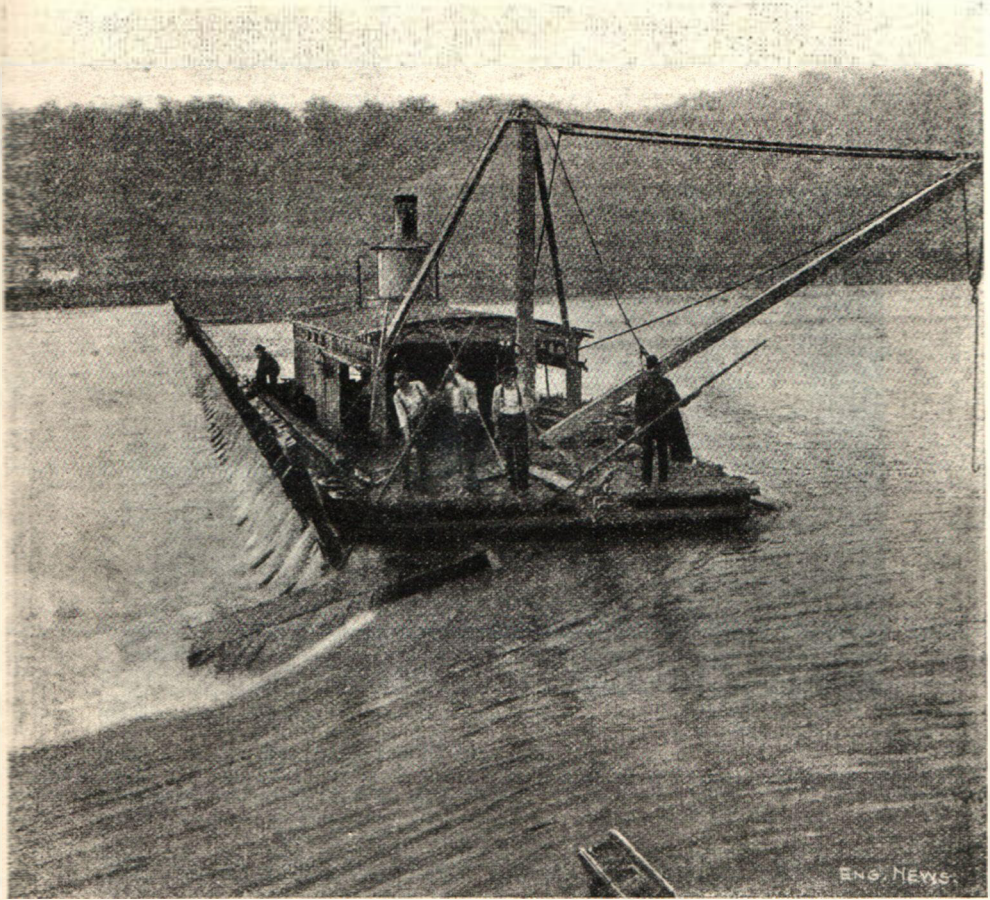


Рис. 31.

дятся 4—5 рабочими, причемъ для установки требуется около 7 часовъ. Цѣна средняя 170.000 доллар. на каждое сооруженіе. Для одного изъ такихъ сооружений эксплуатаціонные расходы на плотину и шлюзъ составляютъ въ годъ около 2.515 доллар.

Плотина Шаноана примѣнена и на рѣкѣ Big-Sandy въ 400 метрахъ отъ слиянія ея съ Ohio, совместно со спицевой плотиной Поаре. Пролетъ спицевой 42,7 метр., а системы Шаноана 48,7, причемъ оба пролета раздѣлены бычкомъ въ 3 метра ширины (рис. 32). Подпоръ плотины Шаноана 3,2 метр., ширина флютбета 6,58 метр. Щиты желѣзные всего въ количествѣ 40 штукъ, шириною каждый около

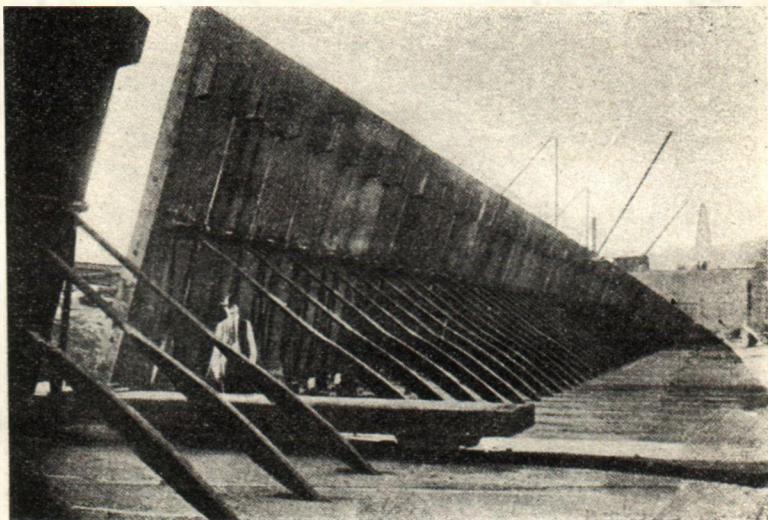


Рис. 32.

≈ 1,2 метр. Мостика до сихъ поръ не имѣлось, и маневры производились посредствомъ судна, но, такъ какъ практика Европы, а также и плотинъ Шаноана, примѣняемыхъ на Kanawha-рѣкѣ, показала удобство мостиковъ на фермахъ Поаре, то и пришли къ мысли устроить и для этой плотины тоже служебный мостикъ.

На р. Марнѣ между Epernay и Charenton устроено съ 1855 г. четырнадцать разборчатыхъ плотинъ съ подпорами отъ 1,81 м. до 2,16 м.; глубокий пролетъ въ 12-ти плотинахъ

закрыть щитами системы Шаноана, въ двухъ же—фермами Поаре со спицами.

На верхней Сенѣ между Montereau и Paris возведены въ 1860—64 гг. 12 разборчатыхъ плотинъ, судоходный пролетъ которыхъ закрытъ щитами системы Шаноана. Въ 1909 г. флютбеты (опорныя части) этихъ плотинъ были перестроены.

Конечно, можно указать еще на цѣлый рядъ другихъ примѣровъ примѣненія системы Шаноана, но устройство ихъ и эксплуатація вполне однообразны, почему переходимъ къ выясненію достоинствъ и недостатковъ этого рода плотинъ.

Плотины системы Шаноана даютъ весьма благопріятные результаты въ смыслѣ водонепроницаемости, такъ какъ каждый щитъ представляетъ собою вполне непроницаемую часть плотины, а небольшіе промежутки между щитами могутъ быть легко перекрываемы рейками (рис. 33), хотя нужно, конечно, замѣтить, что употребленіе этихъ реекъ до нѣкоторой степени осложняетъ манипуляціи со щитами. Во всякомъ случаѣ, можно думать, что водонепроницаемость щитовъ Шаноана слѣдуетъ считать среднею между щитовыми затворами и спицевыми съ фермами Поаре.

Гребень щитовъ образуетъ водосливъ, слѣдовательно, если щиты достаточно устойчивы и если при этомъ не происходитъ увеличенія затопленій, то съ увеличеніемъ расхода можно увеличивать и толщину переливающегося слоя, облегчая до извѣстной степени протокъ воды посредствомъ вспомогательныхъ щитковъ. Такимъ образомъ, получается

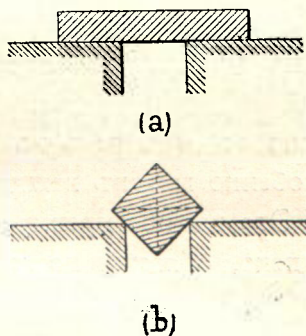


Рис. 33. Закрытіе щелей между щитами.

возможность регулировать расходы воды въ рѣкѣ, почти не прибѣгая къ маневрамъ съ плотиною, что съ одной стороны облегчаетъ эксплуатацію плотины, а съ другой не вызываетъ рѣзкихъ измѣненій горизонта нижняго бьефа. Если же при опредѣленномъ горизонтѣ происходитъ автоматическое вращеніе щитовъ, то этимъ обезпечивается возможность правильнаго регулированія подпорнаго горизонта верхняго бьефа. Наконецъ, когда вслѣдствіе увеличенія расхода или появленія льда плотину требуется открыть, то при устройствѣ Шаноана (при продольной рейкѣ) это исполняется чрезвычайно быстро. Такъ, напримѣръ, въ Melun на Верхней Сенѣ продолжительность открытія пролета въ 65,10 м. была 5 мин. 13 секундъ. Быстрое открытіе плотины важно въ особенности по отношенію къ осеннему ледоходу, такъ какъ полное открытіе плотины можетъ быть произведено непосредственно передъ самымъ ледоходомъ, благодаря чему удлиняется навигаціонный періодъ, причемъ какъ разъ въ то время, когда для судоходства особенно важенъ каждый лишній часъ.

Это важное преимущество системы Шаноана требуетъ, однако, обязательно устройства рейки съ выступами, при которой можно такъ быстро открывать и закрывать щиты. Но съ другой стороны было уже указано на тѣ существенныя недостатки, которые сопряжены съ этой конструкціей: какъ то: частая неисправность рейки, заѣданіе ея, укороченіе пролета, наконецъ, невозможность правильно распределить выступы. Между тѣмъ, съ переходомъ къ коробкѣ системы Паско, какъ разъ уничтожается быстрота открытія плотины, и она становится почти одинаковой съ системой Поаре. Это надо всегда имѣть въ виду при устройствѣ коробки Паско.

Автоматическое вращеніе щитовъ, будучи весьма удобно при пропускѣ наводковъ, представляетъ, однако, серьезное неудобство съ точки зрѣнія правильности теченія воды,

такъ какъ при вращеніи щита въ нижнемъ бьефѣ появляется волна, которая соединяясь съ паводкомъ, отзывается очень неблагопріятно на нижележащихъ плотинахъ этой же системы. Такое быстрое опоражниваніе накопленной воды верхняго бьефа можетъ нарушать и интересы прибрежныхъ владѣльцевъ, почему пришли къ заключенію, что лучше уменьшать чувствительность щитовъ, имѣя въ виду тѣ неудобства, которыя вызываются ихъ автоматическимъ вращеніемъ.

Какъ произвольное вращеніе щитовъ, такъ и въ особенности быстрая разборка плотины отзываются неблагопріятно и на самомъ сооруженіи, представляя опасность для неподвижныхъ частей и вызывая сильный размывъ нижележащаго ложа рѣки. Эта опасность еще усиливается тѣмъ обстоятельствомъ, что при рейкѣ съ выступами открытіе щитовъ происходитъ всегда въ одномъ и томъ же порядкѣ, почему наиболѣе сильной волнѣ и водоворотамъ будетъ подвергаться одно и то же мѣсто.

Эти обстоятельства показываютъ, съ какой осторожностью надо избирать тотъ или другой типъ плотины, такъ какъ нерѣдко незначительныя выгоды системы влекутъ за собой такія неудобства, которыя сводятъ на нѣтъ кажущіяся преимущества системы.

Разберемъ еще одно очень важное и правильное возраженіе противъ системы Шаноана, а именно, что для правильнаго и хорошаго дѣйствія плотины нужно устраивать служебный мостикъ на фермахъ Поаре, т. е. устраивать еще вторую подвижную плотину. Хотя фермы и предназначаются только для простаго служебнаго мостика, но на дѣлѣ ихъ приходится устраивать почти такими же солидными, какъ если бы онѣ были снабжены спицами и должны были бы выдерживать напоръ воды. Прежде всего, разъ онѣ устроены, то вполне естественно желаніе имѣть возможность ими пользоваться, чтобы образовать перемычку,

подъ защитой которой можно было бы производить исправленіе флютбета и щитовъ. Во-вторыхъ, во время маневровъ при подъемѣ фермы выдерживаютъ большія усилія, почему приходится устраивать ихъ жесткими, въ поперечномъ направленіи, какъ и при спицевыхъ затворахъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ при примѣненіи маневого мостика уничтожается главное преимущество системы Шаноана, состоящее въ быстромъ открытіи пролета для пропуска льда. Кромѣ того, уширяется значительно флютбетъ, что отзывается на стоимости всего сооруженія.

Конечно, нужно оговорить, что существуютъ плотины Шаноана и безъ служебнаго мостика, и маневры производятся при помощи судна. Такое устройство представляетъ однако очень большія неудобства, такъ какъ нѣтъ сообщенія между берегами черезъ плотину, и вызываетъ разныя недоразумѣнія и осложненія при эксплуатаціи.

Плотины системы Дефонтена *).

Идея воспользоваться для маневровъ плотины образуемымъ ею подпоромъ возникла съ давнихъ поръ. Для небольшихъ пролетовъ эта задача была рѣшена въ Голландіи примѣненіемъ воротъ особенной конструкціи и водопровода, получающаго соединеніе то съ верхнимъ, то съ нижнимъ бьефомъ; сюда относится типъ воротъ со вспомогательными створками, приводимыми въ движеніе тоже давленіемъ воды. Но движущіяся части этихъ плотинъ оказались слишкомъ тяжелы и плохо функционировали, когда подпоръ еще незначителенъ, при чемъ отложенія наносовъ и разработка частей плотины осложняли и затрудняли задачу еще болѣе.

*) Болѣе детальное знакомство съ этими плотинами можно получить въ трудѣ проф. В. Е. Тимонова: „Водоподъемныя плотины системы Луишъ-Дефонтена“ 1893 г.

Однако, несмотря на вышеуказанныя затрудненія, французскимъ инженеромъ Louiche-Desfontaines'омъ была изобрѣтена плотина сначала для закрытія водосливныхъ отверстій, а впоследствии и для судоходныхъ. Идея устройства плотины заключается въ томъ, что щитъ укрѣпленъ немного выше середины на горизонтальной оси, около которой онъ можетъ вращаться. Верхняя половина щита и составляетъ собственно затворъ, а нижняя—контръ-щитъ, помѣщенный въ особой камерѣ высокаго флютбета. Камера самимъ контръ-щитомъ дѣлится на двѣ части. Соединяя посредствомъ водопровода верхнюю часть камеры съ верхнимъ бьефомъ, мы тѣмъ самымъ заставляемъ подниматься щитъ; наоборотъ, при соединеніи этой камеры съ нижнимъ бьефомъ, подъ дѣйствіемъ подпора на верхнюю часть щита, послѣдній укладывается на флютбетъ. Если же въ это время еще соединить низовую часть камеры контръ-щита съ верхнимъ бьефомъ, то открытіе плотины еще ускорится. Среднее положеніе равновѣсія щита можетъ быть достигнуто устройствомъ особаго подкоса.

Впервые примѣненіе плотинъ системы Дефонтена можно найти при шлюзованіи Марны между Epernay и Charenton'омъ, при чемъ наиболѣе старое изъ сооруженій этой системы, водосливъ плотины Damery, относится къ 1857 году, а самое новое въ Noisiel было устроено въ 1881—87 г.г.

Приведемъ краткія свѣдѣнія о плотинѣ въ Joinville-le-Ront, сооруженной въ 1867 году инженеромъ Malézieux, которому поручена была задача—поднять подпорный горизонтъ, образуемый существовавшей плотиной, на 1 метръ противъ прежняго его положенія (рис. 34).

Судоходный пролетъ имѣетъ ширину 12 метровъ, а водосливъ 63 метра. Подпоръ на плотинѣ былъ доведенъ до 2,16 метра. Стоимость пог. метра разборчатыхъ частей 791 франкъ.

Массивъ на каменной кладкѣ, образующій флютбетъ,

заключенъ между двумя линиями шпунтовыхъ рядовъ. Въ этомъ массивѣ посрединѣ устроено углубленіе шириною 2,12 метра. Детали конструкціи ясны изъ прилагаемаго рисунка (рис. 35).

Все отверстіе длиною въ 63 м. раздѣлено на части чугунными діафрагмами, задѣланными по всему периметру

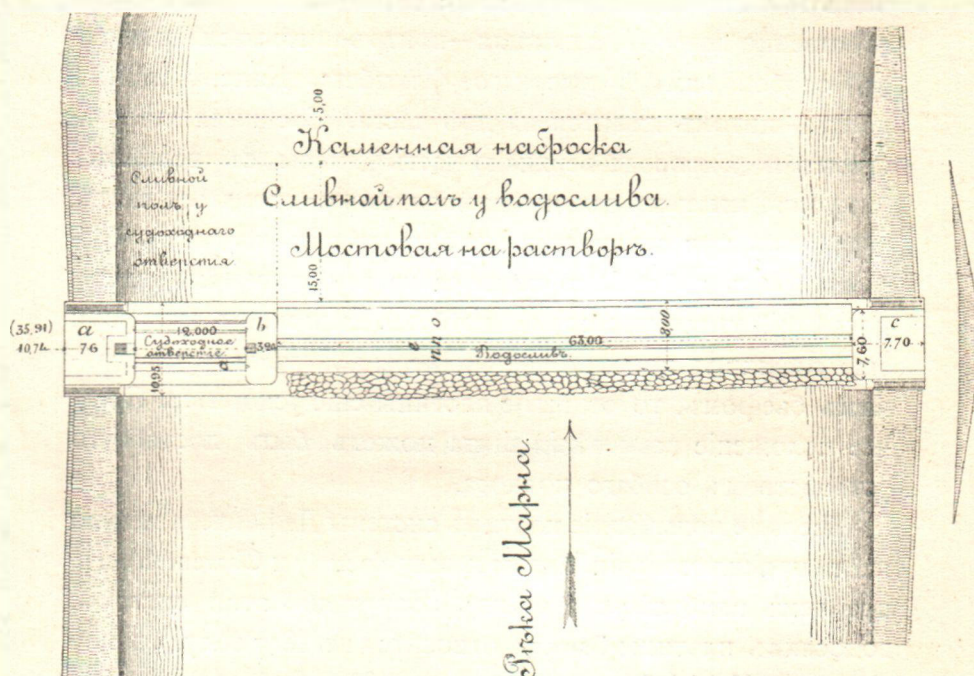


Рис. 34. Плотина Joinville-le-Pont.

въ кладку на 0,08 метра. Каждая діафрагма имѣетъ два прямоугольныхъ отверстія: одно съ верховой, другое съ низовой стороны. Щитъ вращается около горизонтальной діаметромъ 0,06 метра оси, опирающейся концами на діафрагмы (рис. 36). Ось поддерживается 6-ю внутренними приливами, отлитыми внутри чугунной трубы, имѣющей діаметръ въ 0,12 и соединенной посредствомъ наружныхъ

приливовъ съ чугуннымъ покрытіемъ канала. Что касается до щита, то онъ образованъ двумя листами желѣза, приболченными къ тремъ желѣзнымъ стержнямъ общей высоты 2,41 м. Стержни проходятъ сквозь трубу, образуя

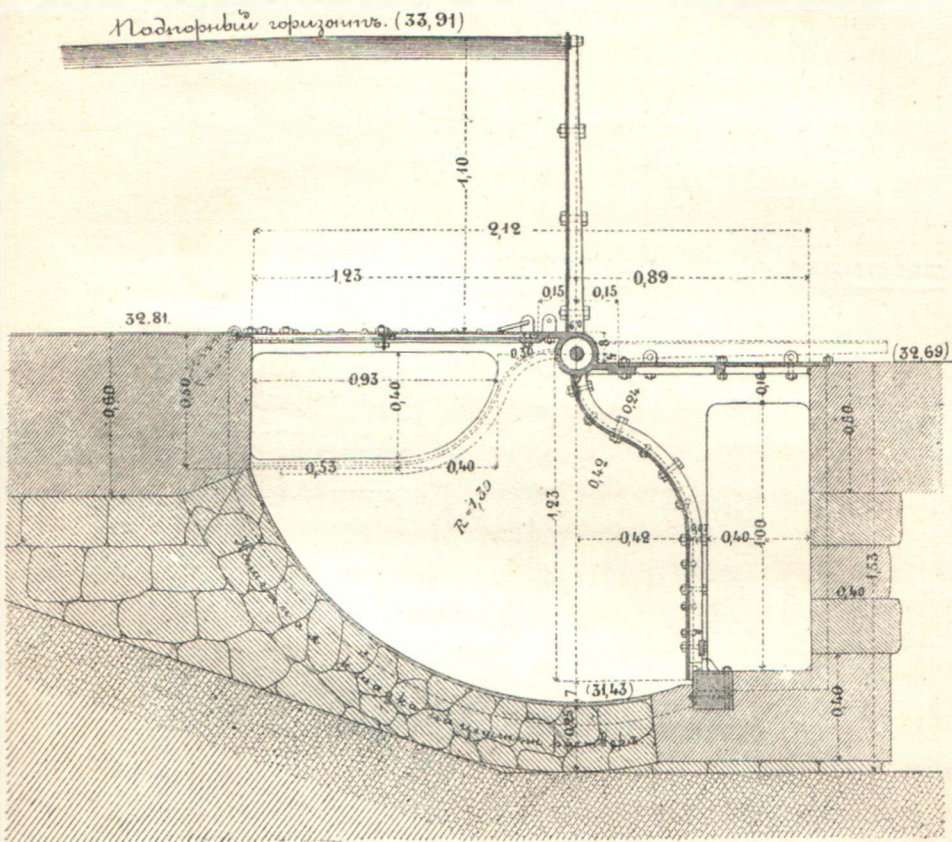


Рис. 35. Разрѣзъ плотины Joinville-le-Pont.

кольца, охватывающія ось вращенія. Контръ-щитъ изогнутъ такимъ образомъ, чтобы отверстія водопроводовъ оставались открытыми при крайнихъ положеніяхъ контръ-щита. Контръ-щитъ при движеніи описываетъ четверть круга; между щитомъ и облицовкою пиши остается за-

Затворы акведуковъ, служащіе для управленія щитами.
(Положеніе заслонокъ при опущенныхъ щитахъ).

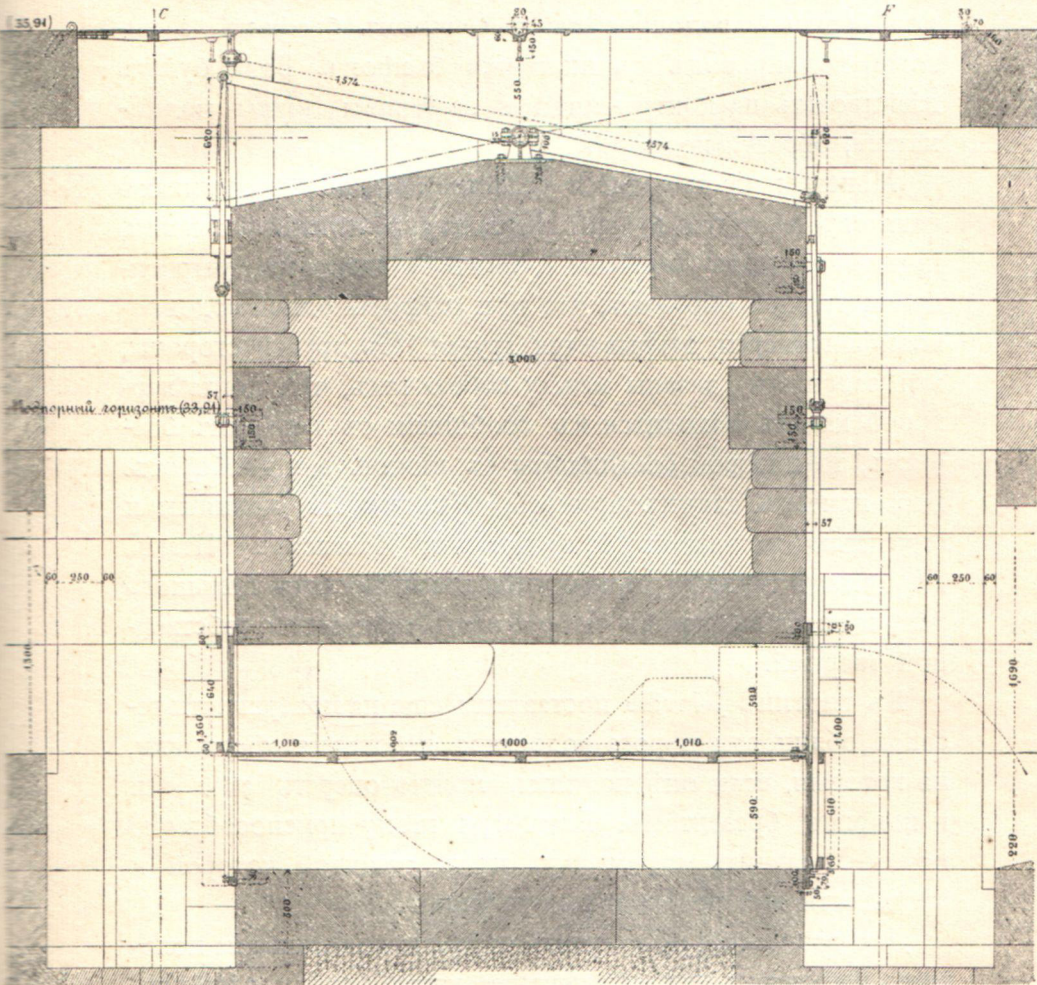


Рис. 37.

шить. больше такового на шить, поэтому шить остается въ вертикальномъ положеніи. Если теперь соединить верховой водопроводъ съ нижнимъ бьефомъ, то контръ-шить испытываетъ съ обѣихъ сторонъ одинаковое давленіе, почему шить подъ напоромъ воды верхняго бьефа падаетъ. Ускорить этотъ маневръ можно, соединяя низовой водопроводъ съ верхнимъ бьефомъ. Для поднятія щита сообщаютъ верховой водопроводъ съ верхнимъ бьефомъ, а низовой водопроводъ съ нижнимъ бьефомъ. Вода будетъ дѣйствовать на контръ-шить и заставлятъ щиты подниматься, образуя подпоръ.

Маневры производятся съ помощью водопроводныхъ каналовъ въ устоѣ и быкѣ. Каналы снабжены задвижками, приводимыми въ движеніе однимъ балансиромъ, устроеннымъ, такимъ образомъ, что при открытіи одной водопроводной галереи, закрывается другая. Съ другой стороны, эти задвижки связаны между собою такъ, что, когда верховой каналъ находится въ сообщеніи съ верхнимъ бьефомъ, то низовой соединяется съ нижнимъ и наоборотъ. Весь маневръ, такимъ образомъ, сводится къ поднятію и опусканію задвижекъ при помощи балансира. Итакъ, Дефонтенъ своими приспособленіями достигъ большого успѣха, заставляя рѣку загораживать себя своей собственной энергіей.

Въ плотинѣ Joinville поставлены еще на поверхности тесовой облицовки порога водослива небольшія фермочки, на которыя, если онѣ подняты, можно опереть 3" доски и покрыть брезентомъ. Благодаря этому приспособленію можно получить перемычку, подъ защитой которой и произвести всѣ необходимыя починки.

Для возможности получить открытіе водослива на половину Дефонтенъ далъ слѣдующее устройство на 9-ти плотинахъ Марны (рис. 38).

Каждый шить снабженъ подкосомъ, аналогичнымъ под-

косу щитовъ Шаноана, съ тою только разницею, что его конецъ движется по простому желобу безъ всякихъ упоровъ. Въ направленіи плотины помѣщена рейка, управляемая съ берега. Эта рейка представляетъ изъ себя простой уголокъ, въ вертикальной полкѣ котораго мѣстами сдѣланы вырѣзы такъ, что каждый подкосъ можетъ либо свободно проходить черезъ нее, либо упираться. Въ первомъ случаѣ, щитъ, падая, не встрѣчаетъ никакого препятствія и ложится; во второмъ онъ останавливается и удерживаетъ подпоръ на опредѣленномъ уровнѣ.

Конечно, при помощи нѣсколькихъ реекъ можно одними и тѣми же щитами поддерживать подпоръ на разныхъ уровняхъ, но это ведетъ къ нежелательнымъ усложненіямъ конструкціи. Примѣненіе реекъ для плотины Дефонтена имѣетъ преимущество передъ таковыми же въ плотинѣ системъ Шаноана, такъ какъ онѣ расположены выше меженнаго горизонта, но зато, чтобы ихъ передвинуть при какихъ-либо обстоятельствахъ, нужно приподнять щиты и такимъ образомъ освободить рейку отъ всякаго давленія. Если, однако, толщина переливающейся воды превзойдетъ извѣстный предѣлъ, то поднятіе уже нельзя выполнить, и приходится пропускать паводокъ съ полуоткрытой плотиной, что можетъ повлечь неблагопріятныя послѣдствія. Такимъ образомъ, рейка имѣетъ и нѣкоторыя неудобства.

Для открытія по желанію опредѣленнаго количества щитовъ Морисомъ Леви предложено было одно очень простое рѣшеніе задачи: раздѣлить каналы на секціи, соотвѣтствующія опредѣленному количеству щитовъ. При помощи нѣкоторой комбинаціи можно 5—6 трубопроводами воздѣйствовать на любое количество щитовъ плотины. Но такое приспособленіе еще не было примѣнено.

Главное преимущество плотинъ Дефонтена — это легкость ея укладки, при чемъ щиты могутъ ложиться

медленно или быстро, смотря по желанію. Въ этомъ заключается цѣнное свойство системы съ точки зрѣнія прохода плавающихъ тѣлъ и въ особенности льдинъ; послѣднее обстоятельство весьма важно при закрытіи навигаціи, какъ мы указывали выше; наконецъ, оно важно и для рѣкъ съ быстро наступающими паводками. Кромѣ того, при давленіи на щитъ плавающихъ тѣлъ, они наклоняются, и разборчатая часть плотины не подвергается никакой порчѣ.

Непроницаемость плотины очень большая, такъ какъ пригонка отдѣльных частей по необходимости очень точная, и промежутокъ между щитами можетъ быть сдѣланъ менѣе 1 см.

Къ неудобствамъ системы можно, пожалуй, отнести необходимость точной пригонки щитовъ и большое сравнительно сопротивленіе подъему щита, требующее нѣкотораго опредѣленнаго подпора, увеличивающагося вслѣдствіе извилисти каналовъ, гдѣ происходитъ тоже нѣкоторая потеря напора. Съ другой стороны переливающаяся струя обладаетъ большей или меньшей скоростью, которая дѣйствуетъ на щитъ во время поднятія; она представляетъ препятствіе его движенію, мѣняющееся въ зависимости отъ обстоятельствъ теченія.

Наконецъ, какъ бы точно ни была сдѣлана пригонка отдѣльных частей, попадающій въ каналъ песокъ и грязь вызываютъ треніе какъ въ оси, такъ и при задѣваніи нижней кромки контръ-щита за образовавшіяся на поверхности камеры отложенія.

При этомъ, конечно, нужно замѣтить, что при небольшомъ подпорѣ, который нуженъ для начала подъема щитовъ, установка ихъ идетъ довольно медленно; такъ, на р. Марнѣ при нормальномъ подпорѣ 0,60—0,80 м. плотина для подъема требовала отъ $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ часа, а для опусканія—5 минутъ.

Если устроить неподвижныя части плотины такъ, чтобы путемъ уменьшенія живого сѣченія образовалась разность

горизонтовъ къ моменту, когда понадобится подымать плотину, то надо полагать, что такое устройство представило бы большія препятствія для судоходства при пропускѣ весенняго паводка. Можно, конечно, указать на возможный выходъ изъ этого затрудненія, заключающійся въ поднятіи нѣкотораго числа щитовъ помощью особыхъ механизмовъ для образованія напора, достаточнаго для автоматическаго поднятія остальныхъ щитовъ силою уже подпора; но такое устройство было бы отрицаніемъ самой системы.

Отсюда слѣдуетъ, что систему лучше всего примѣнять не самостоятельно, а рядомъ съ пролетами, закрытыми другими системами разборчатыхъ частей, поднятіемъ которыхъ можно достигнуть требуемаго подпора. Это особенно необходимо при устройствѣ щитовъ Дефонтена съ низкимъ флютбетомъ, когда первоначальнаго подпора не будетъ ни при какихъ стояніяхъ воды въ рѣкѣ. Наконецъ, плотины Дефонтена имѣютъ контръ-щиты, служащіе лишь для маневрированія разборчатой частью; эти части затворовъ требуютъ массивнаго фундамента и большого углубленія въ дно рѣки при низкихъ заложеніяхъ флютбета.

Во всякомъ случаѣ, несмотря на указанные выше недостатки, щиты Дефонтена представляютъ удобный механизмъ съ легкимъ и безопаснымъ управленіемъ. Наибольшій ихъ недостатокъ, именно, сопротивляемость поднятію, можетъ быть ослабленъ въ извѣстной мѣрѣ, если придавать контръ-щиту высоту большую, чѣмъ щиту, добиться весьма точной пригонки всѣхъ частей, чтобы избѣжать утечки воды, наконецъ, уширить водопроводы для уменьшенія потери напора.

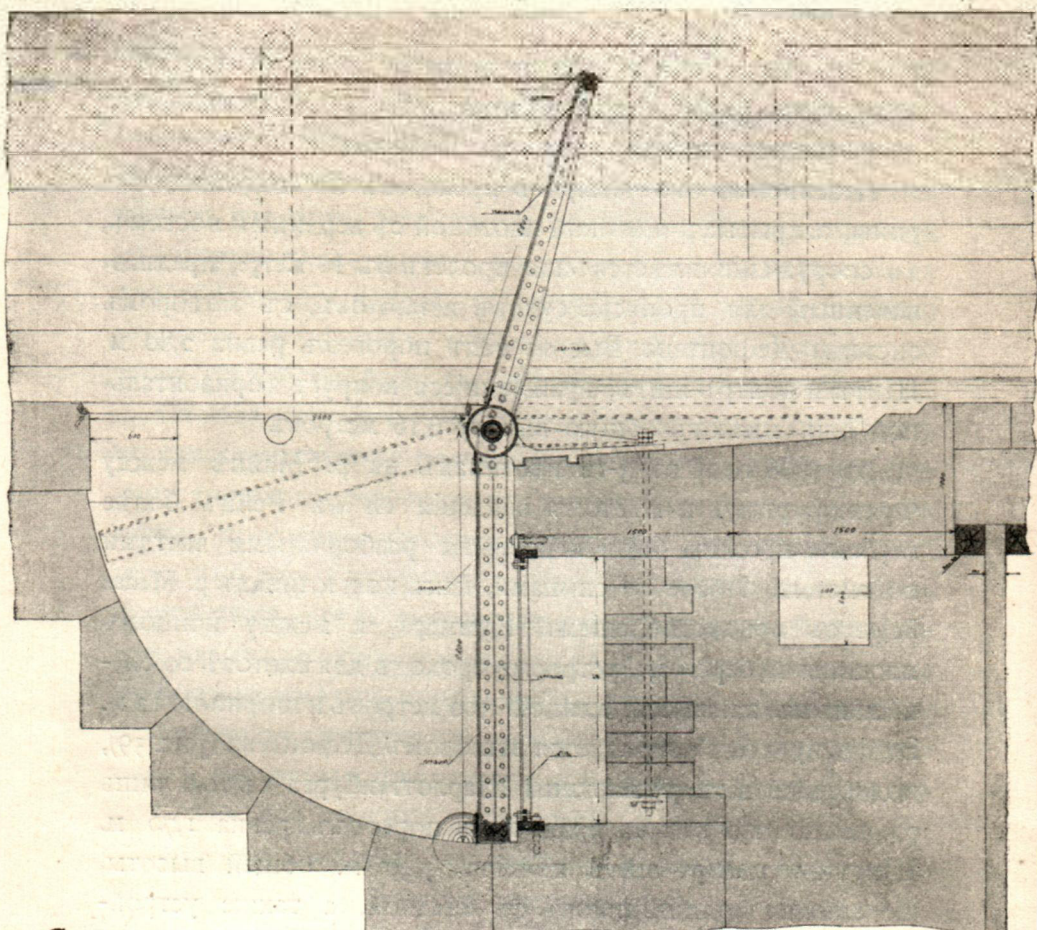
На Марнѣ плотины Дефонтена были примѣнены исключительно для неглубокихъ проходовъ—для водосливовъ, нормальный подпорный горизонтъ которыхъ возвышался надъ порогомъ плотины не болѣе 1 метра и 1,20 метр. Болѣе широкое распространеніе получила плотина Дефон-

тена въ Германіи, гдѣ она примѣнена для закрытія глубокихъ судоходныхъ пролетовъ—наприм., у Шарлоттенбурга на р. Шпрее, въ 1884 году инж. Моромъ.

Независимо отъ четырехъ пролетовъ по 10,50 м. ширины, закрытыхъ щитовой плотиною съ верхнимъ мостомъ, въ сооруженіи имѣется еще пролетъ въ 10 метр., предназначенный для пропуска судовъ и плотовъ, съ затворомъ системы Дефонтена. Высота надъ порогомъ равна 2,80 м. Щитъ и контръ-щитъ, вращающіеся вокругъ горизонтальной оси, имѣютъ общую высоту 6,16 метровъ.

Въ 1886 году въ 5-ти плотинахъ на р. Майнѣ между Франкфуртомъ и мѣстомъ впаденія ея въ Рейнъ болѣе глубокіе пролеты были перекрыты разборчатыми частями по системѣ Поаре со спицами, какъ на плотинахъ р. Meuse Belge съ приспособленіемъ Куммера, а между концомъ плотины и берегомъ устроенъ проходъ для плотовъ со спеціальнымъ каналомъ, длиною 300 метровъ и шириною 12 м. Этотъ проходъ закрывается затворомъ Дефонтена (рис. 39), подобнымъ затвору плотины Шарлоттенбурга, съ тою лишь разницею, что высота воды надъ порогомъ равна 1,70 м. Щитъ и контръ-щитъ имѣютъ 3,40 м. общей высоты. Соединеніе подшипниковъ съ кладкой, а также устройство щита и контръ-щита видно изъ рис. 39; общее же расположеніе каналовъ для впуска и выпуска изъ рисунка 40.

Кромѣ этихъ примѣровъ можно указать на примѣненіе плотины системы Дефонтена у Tarnowke на р. Kudow, вытекающей изъ озера Штидницъ и впадающей въ р. Немье; плотина построена для закрытія плотохода шириною 5,20 м. инж. Моромъ въ 1880 году. Подобная же плотина устроена еще въ Орпельнѣ на рѣкѣ Одерѣ (рукавъ) для образованія водослива въ зимней гавани. Позднѣе въ 1896 г. устроена той же системы плотина въ Wyna на р. Ааге пролетомъ 15 м. со щитомъ высотой 2,7 м. На открытіе всего про-



Видъ механизма черпакъ при снятыхъ шлангахъ.

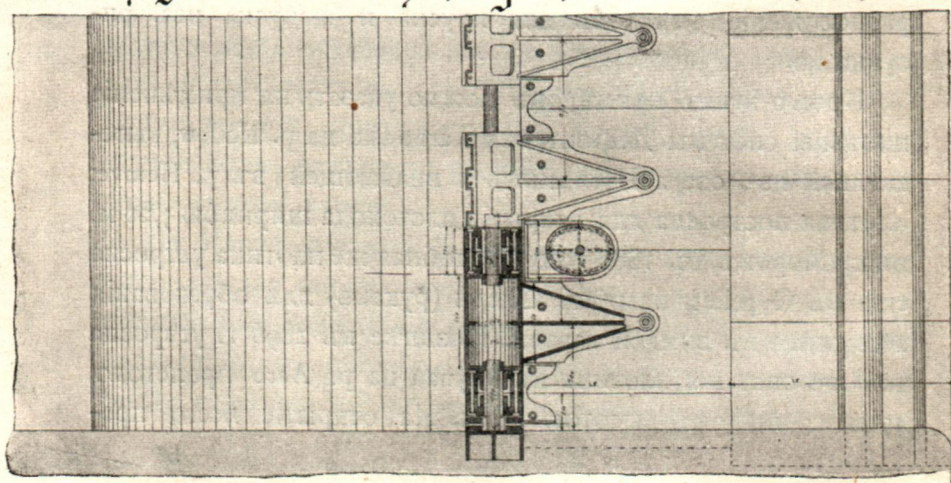
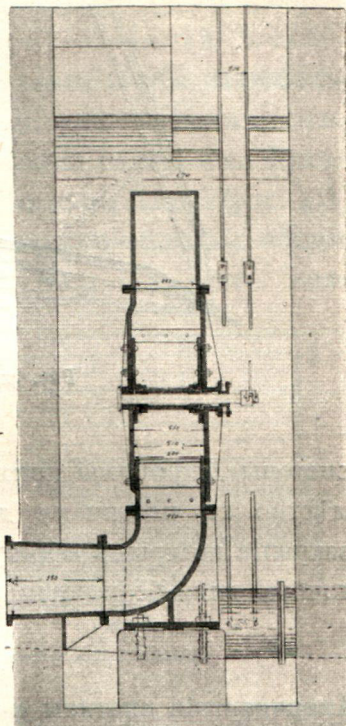
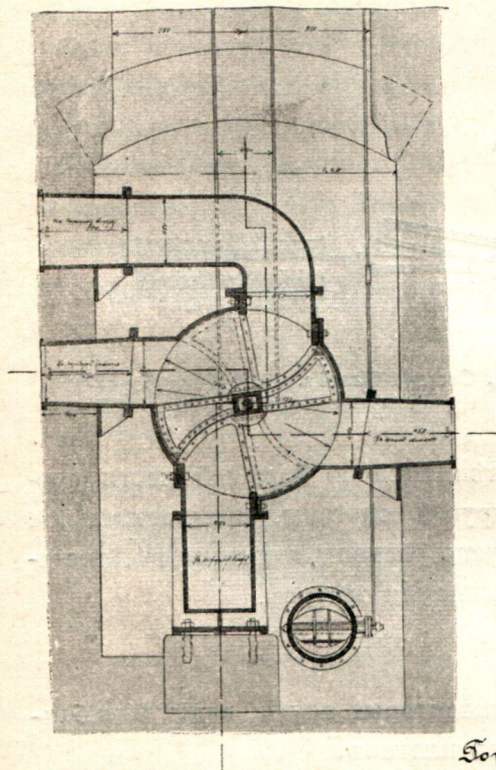
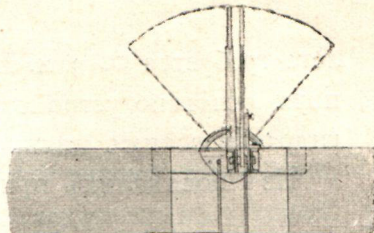
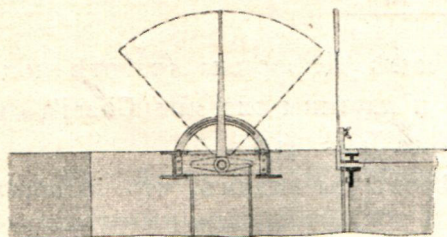


Рис. 39.

Разрез продольный

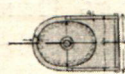
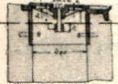
Разрез поперечн. по АБ.



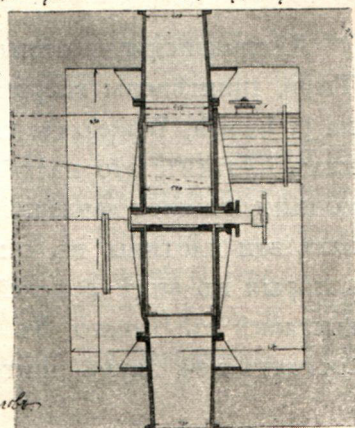
Горизонтальн. разрез по СД.

Разрез по АД.

Вид сзади лага. Разрез по СД.



масштаб 1/20



И. Шварц

Рис. 40.

лета требуется ∞ 3 м. На идеѣ Дефоржена (работѣ подпора) основано устройство и плотины системы Girard'a съ гидравлическимъ цилиндромъ (рис. 41).

Изъ послѣднихъ примѣровъ мы видимъ, что затворы

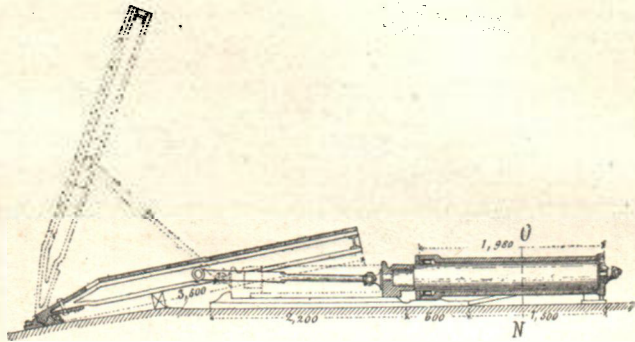


Рис. 41. Система Girard'a.

системы Дефонтена примѣняются по большей части совместно съ плотинами другой системы, предварительное закрытіе которыхъ образуетъ разность горизонтовъ, достаточную для обезпеченія дѣйствія щитовъ.

Американскія плотины и нѣкоторые другіе виды барabanныхъ плотинъ.

Американскія плотины, извѣстныя подъ названіемъ «Bear Trap», примѣсны впервые въ 1818 году въ Пенсильваніи на р. Lehigh, White'омъ, гдѣ уже въ 1819 г. работало 12 такихъ плотинъ; это излюбленный Америкой типъ плотинъ, поднимающихся давленіемъ воды. Major Jones конструировалъ эти плотины въ самыхъ разнообразныхъ формахъ, которыя въ видѣ моделей были выставлены на всемірной выставкѣ въ Чикаго. Въ общемъ разборчатая часть ихъ состоятъ изъ двухъ щитовъ, которые вращаются около

горизонтальных осей на флютбетъ, и могутъ, такимъ образомъ, складываться.

Треугольный каналъ, образованный щитами плотины, можетъ соединяться съ верхнимъ или нижнимъ бьефомъ, посредствомъ водопроводовъ, съ задвижками въ устояхъ. Движеніе задвижекъ, связанныхъ цѣпями со щитомъ, образующимъ плотину, таково, что камера соединяется съ нижнимъ бьефомъ, если горизонтъ верхняго бьефа начинаетъ повышаться надъ нормальнымъ подпорнымъ горизонтомъ.

Система «Bear Trap» примѣнена въ 70-хъ годахъ и во Франціи на плотинѣ de la Neuville-au-Pont, на рѣкѣ Марнѣ (рис. 42). Длина верхового щита 4 метра, а низового—6,10 м., общее разстояніе между шарнирами 9 м. Верховой щитъ, вра-

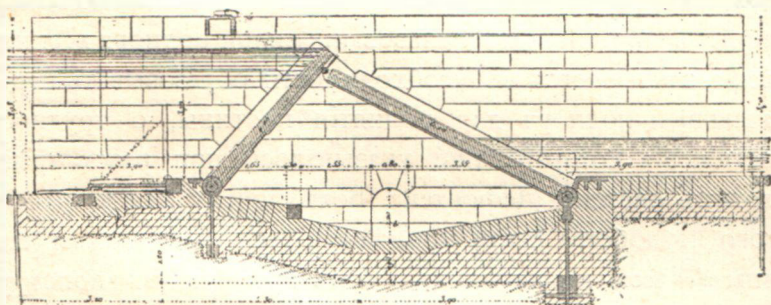


Рис. 42. Плотина au Pont-Neuville на р. Марнѣ.

щаясь около шарнира на флютбетѣ, можетъ двигаться другимъ своимъ концомъ по катку на низовомъ щитѣ. Маневры производятся при помощи водопровода, имѣющаго выходъ въ углубленіе, устроенное на всемъ протяженіи флютбета.

Такая же система разборчатой части плотины, совмѣстно съ системой Шаноана, примѣнена для регулированія подпора въ 1903 году на р. Alleghany у г. Pittsburg'a. Глубина отъ подпорнаго горизонта на порогъ флютбета отъ 3,5—3,65 м. Подпоръ 1,35 м.; длина 27,9 м.; поднятіе и опусканіе производится въ 10 минутъ 2 рабочими. Рѣка

Alleghany болѣе всѣхъ другихъ рѣкъ бассейна р. Ohio подвержена дѣйствию разрушительныхъ ледяныхъ зажоровъ. Ледяные зажоры образовывались, главнымъ образомъ, въ верхней части рѣки, но затѣмъ, благодаря устройству глухихъ плотинъ, условія ледохода нѣсколько улучшились: раньше, напримѣръ, большія глыбы льда запруживали нижнюю часть рѣки, въ настоящее же время онѣ приходятъ туда въ разбитомъ уже состояніи. Такія льдины описанныя выше плотины «Bear Trap» пропускаютъ вполне свободно.

Недостатки разсматриваемыхъ плотинъ заключаются въ слѣдующемъ: необходимость устройства широкаго основанія, трудность достиженія равномерности подъема, ограниченность въ длинѣ отдѣльныхъ пролетовъ плотины; главный же недостатокъ всѣхъ подобнаго рода плотинъ, основанныхъ на принципѣ пользованія силой подпора верхняго бьефа, заключается въ необходимости образовывать первоначальный подпоръ для поднятія плотины, о трудности достиженія котораго уже указывалось при разсмотрѣніи плотинъ системы Дефонтена. Вотъ почему для устраненія этого неудобства стали примѣнять такъ называемыя плотины à caisson, въ которыхъ одинъ изъ щитовъ конструируется такъ, что онъ можетъ наполняться водою и воздухомъ, при чемъ въ послѣднемъ случаѣ онъ всплываетъ и тѣмъ даетъ возможность образовать первоначальный под-

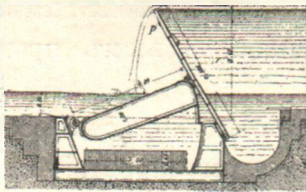


Рис. 43. Система Krantz'a.

поръ, необходимый для дальнѣйшаго поднятія плотины.

Прототипомъ этихъ плотинъ, пожалуй, можно считать систему Krantz'a (рис. 43), въ которой низовой щитъ представляетъ изъ себя воздушный ящикъ; камера, образуемая щитами, можетъ, какъ и въ предыдущихъ типахъ,

наполняться водою нижняго или верхняго бьефа. При сое-

диненіи камеры съ нижнимъ бьефомъ разборчатая часть складывается и ложится на флютбетъ, причемъ вѣсъ воды, вытѣсненной воздушнымъ ящикомъ, равенъ собственному вѣсу затвора, почему достаточно самого небольшого перепада, чтобы при соединеніи камеры съ верхнимъ бьефомъ щитъ началъ подниматься.

Затворы съ такимъ усовершенствованіемъ примѣнены совмѣстно съ системой Шаноана на верхней части р. Ohio для возможности пропускать еще до открытія всей плотины плавающія тѣла, а въ частности льдины, и, кромѣ того, регулировать подпорный горизонтъ, когда судоходный пролетъ закрыть. Подпоры ихъ отъ 2,74 — 4,45 м., отверстія отъ 15,8—36,5 м. Такъ, на примѣръ, у г. Cincinnati примѣнена эта система разборчатой части для 3-хъ пролетовъ по 23,8 метра (рис. 44). Ширина флютбета 20 м. Щиты изготовлены изъ стали, верхній щитъ обшить деревомъ; нижній же состоитъ изъ ящика, обшитаго съ двухъ сторонъ стальными листами, причемъ имѣются спеціальныя приспособленія для того, чтобы вытѣснять изъ него воду впускомъ сжатого воздуха. Вѣсъ и водоизмѣщеніе подобраны съ такимъ расчетомъ, чтобы при отсутствіи напора, нижній щитъ могъ приподнимать верхній на 0,35—0,4 метра.

Въ своемъ низшемъ положеніи плотина лежитъ въ плоскости порога, и кессонъ наполненъ водою. При желаніи поднять ее, впускаютъ въ кессонъ сжатый воздухъ посредствомъ трубокъ, открывающихся въ верхнюю часть кессона, вода же уходитъ по трубкамъ, находящимся въ нижней части кессона; тогда послѣдній всплываетъ. Кромѣ того камера затвора соединяется съ верхнимъ бьефомъ, что и даетъ возможность щиту окончательно подняться.

Подобная же плотина у Freedom имѣетъ глубину на порогъ отъ подпорнаго горизонта 4,13 м., подпоръ 2,6 м., пролетъ 28 метровъ (рис. 45). Стоимость около 5.000 р. пог. метра пролета.

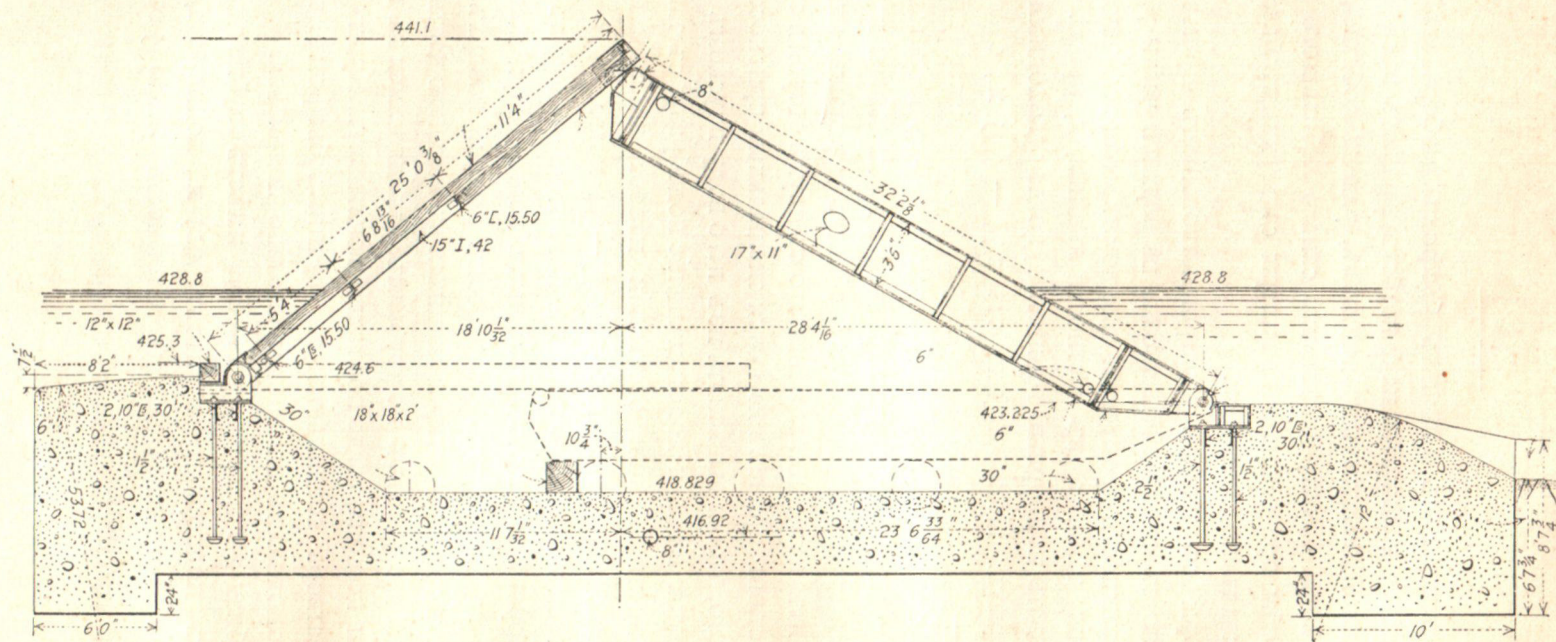


Рис. 44. Плотина на р. Ohio у г. Cineinnati (водосливъ).

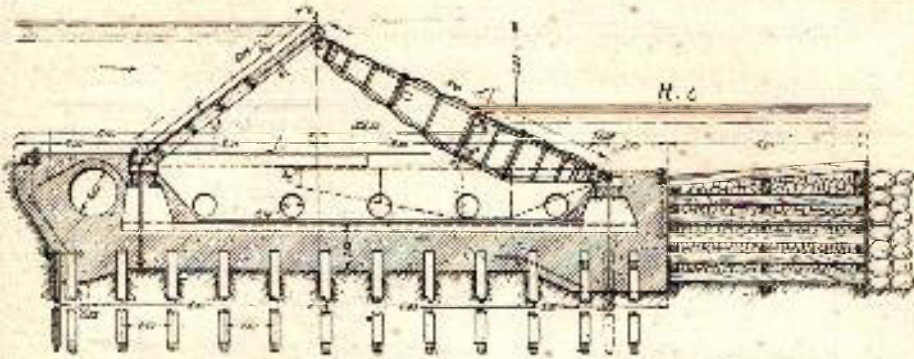


Рис. 45. Плотина у Freedom.

Указанный на схемѣ типъ (рис. 46), извѣстный подъ названіемъ Movable Reversible Hydraulic Weir, можно примѣнять при переменномъ подпорѣ *). Первоначальное движеніе при поднятіи можетъ достигаться какъ и въ предыдущемъ типѣ, кессонами, наполненными сжатымъ воздухомъ. Кромѣ вышеуказанныхъ видовъ плотинъ существуетъ, конечно, еще много разныхъ другихъ, въ родѣ изобрѣтеннаго въ

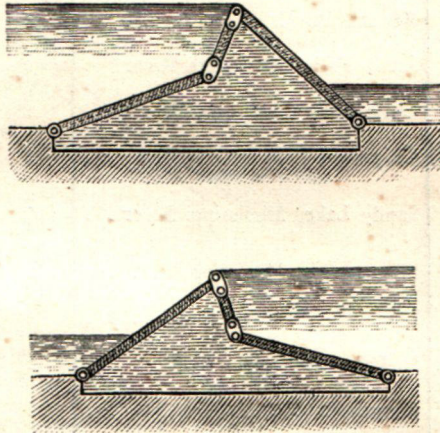


Рис. 46.

1862 г.—типа Du Bois, въ 1867 г.—F. Brunot, въ 1868 г.—M. Girard, 1870 г.—M. Carro **) (см. рис. 47), 1887 г.—Lang—

*) Въ нѣкоторыхъ литературныхъ источникахъ указывается на примѣненіе этого типа у „Sandy—Lake“ въ С. Америкѣ, но это, кажется, ошибочно, такъ какъ тамъ устроена плотина сист. Lang'a.

**) Carro ввелъ усовершенствованіе къ системѣ Du-Bois, прибавивъ съ верховой стороны штокъ вращающійся на шарнирѣ.

Укажемъ на нѣкоторыя примѣненія системы «Bear Traps»
и сходныхъ съ нею.

	Число.	Про- летъ.	Возвыш. в. бѣеф. надъ порог.	Систе- ма.	Годъ.
Neuville Au Pont	1	9,10	2,90	White	1868
Beattyville, Kentucky River . .	2	18,3	3,65	"	1886
Davis Island, Ohio River . . .	1	15,85	2,85	"	1888—9 1906
Eeau Claire, Chippewa River . .	1	6,1	2,12	Du- Bois.	1878
Wisconsin, Menominee River . .	1	4,25	2,12	Parker.	1888
Wisconsin, Milwaukee River . .	2	7,0	4,25	"	1890
Tennessee	1	12,2	2,6	"	1892
Nevers, St. Croix River . . .	3	24,4	4,85	Lang.	1891
Little Falls, Mississippi River . .	1	18,3	2,12	"	1893
Little Falls Chippewa River . .	1	17,7	3,65	"	1893
Chippewa Falls	1	24,4	1,83	"	1894
Sandy Lake, Mississippi River . .	{ 1 2	{ 3,35 12,2	{ 3,65 3,95	"	1895
Minneapolis, Mississippi R. . . .	2	15,2	4,85	"	1897
Louisville, Portland Kanal . . .	2	12,2	4,85	Parker.	1898
St.-Paul, Mississippi R. . . .	2	15,5	4,20	"	1903
Minnesota	1	3,65	4,75	"	1904
Pittsburg, Allegheny R.	2	28,4	{ 3,04 3,65	White.	1903
Beaver, Ohio R.	2	36,6	4,03	"	1904
Freedom, Ohio River	1	28,4	4,13	"	1907
Glenfield " "	1	31,2	4,46	"	1906
Glenosborne " "	2	28,4	4,13	"	1907
Legionville " "	2	28,4	4,13	"	1907
Lockport, Chic.—Dr.—Can. . .	1	48,6	5,00	"	1897
„Phoenix“ Oswego branch . . .	2	24,3	2,74	Parker	1910/11

1890 г. — Thomas Parker (см. рис. 48) 1895 г. — Major William Marshall.

Какъ на одну интересную разновидность этого рода плотинъ можно указать на разборчатую часть сооруженія Illinois - Michigan - Canal'a устроенную для перепада 4,5—5 м. съ отверстіемъ 48,75 м. Идея устройства видна изъ ри-

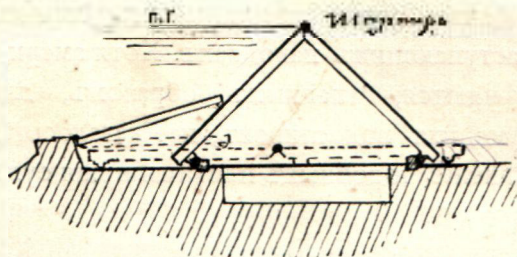


Рис. 47. Система Сарго.

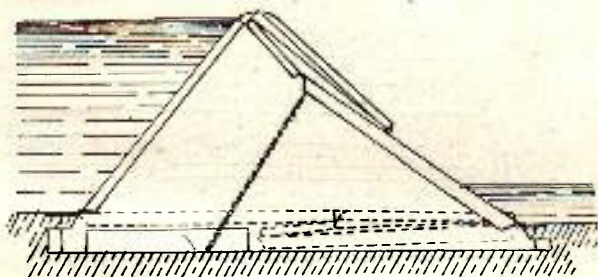


Рис. 48. Система Parker'a.

сунка 49. Щиты соединены шарниромъ, причемъ передній спускается внизъ по лицевой поверхности глухой части на каткѣ. Собственный вѣсъ разборчатой части уравновѣшенъ противовѣсами на канатахъ. Отъ каждаго конца верхового щита идутъ по два каната, соединяющіеся черезъ блоки съ гидравлическими цилиндрами, причемъ одна пара канатовъ служитъ для опусканія, а другая для подъема щитовъ. Достоинство этого вида разборчатой плотины заключается въ быстротѣ открытія и закрытія отверстія, но зато подобная конструкция требуетъ сравнительно высокаго флутбста.

Щиты «Bear Trap» вполне успешно применялись при пролетѣ до 15—18 саж. и, какъ показала практика, могутъ работать при весьма тяжелыхъ условіяхъ ледохода и быстро наступающихъ паводкахъ. Хотя американскія плотины применяются, главнымъ образомъ, для закрытія регулирующихъ водосливовъ, но, казалось бы возможнымъ применение подобныхъ плотинъ и для судоходныхъ пролетовъ.

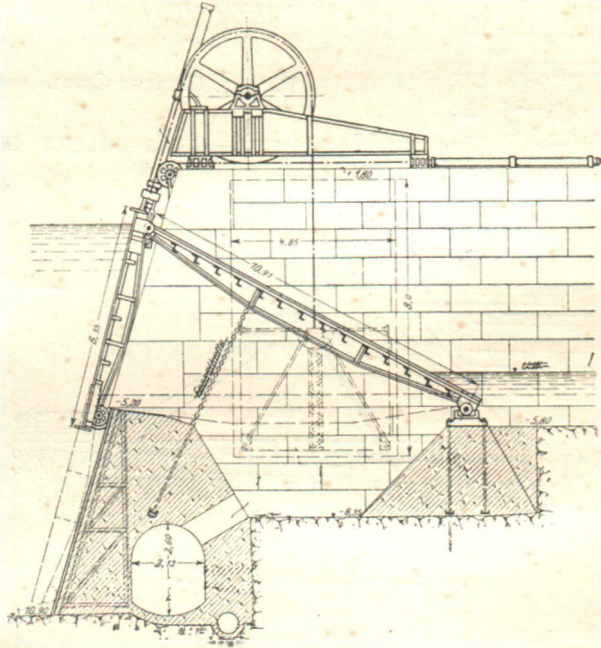


Рис. 49. Плотина на Illinois-Michigan-Kanal.

Напримѣръ, плотина на Ohio у Freedom, какъ мы видѣли выше, имѣетъ на порогѣ, считая отъ горизонта нижняго бьефа 1,53 м. (0,75 с.), при подпорѣ 2,6 м. (1,22 с.), что вполне достаточно для шлюзованія многихъ рѣкъ. Впрочемъ, слѣдуетъ имѣть въ виду, что при значительной высотѣ щитовъ, послѣдніе получаютъ довольно тяжелыми и устройство приспособленій для первоначального подъема ихъ сжатымъ воздухомъ становится, конечно, довольно

затруднительнымъ, не говоря уже о томъ, что стоимость подобныхъ затворовъ значительно возрастаетъ.

Къ недостаткамъ такого рода плотинъ, какъ уже и указывалось выше, слѣдуетъ отнести также необходимость подраздѣлять отверстіе плотины на рядъ сравнительно небольшихъ пролетовъ, что можетъ мѣшать съ одной стороны безпрепятственному проходу льда, а съ другой — стѣснять судоходство; слѣдуетъ имѣть въ виду конечно и необходимость устройства довольно широкаго флютбета.

Кромѣ того, такъ какъ въ этихъ системахъ камера наполнена водою подъ давленіемъ верхняго бьефа, то черезъ швы образуется довольно большая фильтрація, и является необходимость поддерживать постоянное сообщеніе камеры съ верхнимъ бьефомъ; это обстоятельство, впрочемъ, легко устраняется устройствомъ соотвѣтственныхъ приспособленій для закрытія швовъ.

Во всякомъ случаѣ, какъ уже указано было выше, американскія разборчатые плотины удобны для пропуска ледохода, при неожиданной навалкѣ льда на плотину, отличаются быстрымъ открытіемъ отверстія, и хорошо регулируютъ подпорный горизонтъ, почему онѣ чрезвычайно удобны для закрытія водосливныхъ отверстій.

На томъ же принципѣ работы воды и сжатого воздуха основано устройство разборчатой части плотины на р. Osage въ 1897—1900 гг. и на р. Monongahela въ Сѣверной Америкѣ.

Рѣка Monongahela шлюзована 8 глухими плотинами. Тамъ же строятся еще бетонныя плотины съ разборчатыми частями.

Плотина барабаннаго типа системы Читтенденъ (рис. 50) имѣетъ видъ сектора, обращеннаго выпуклою частью къ нижнему бьефу, такъ что давленіе воды передается на плоскую часть щита. Длина отдѣльных барабановъ 30,9—61,8 м., подпоръ колеблется около 1,52 м. Секторъ вращается около оси, укрѣпленной на передней грани камеры въ флютбетѣ. Подъ-

емъ плотины производится вытѣсненіемъ изъ барабана воды сжатымъ воздухомъ и давленіемъ подпорной воды снизу, проводимой продольной галлереей въ тѣлѣ плотины. Опусканіе производится впускомъ воды въ барабанъ.

Идея этой плотины похожа на самодѣйствующую плотину системы Роконну, гдѣ такой же секторъ можетъ уходить въ нишу, причемъ снизу поддерживающею силою является давленіе воды и подъемная сила поплавковъ (воздушныя камеры). Окончательная укладка плотины производится посредствомъ заполнения водой одного изъ отдѣленій камеры. При выпускѣ воды изъ этой камеры и наполненіи воздухомъ затворъ поднимается. Автоматичность

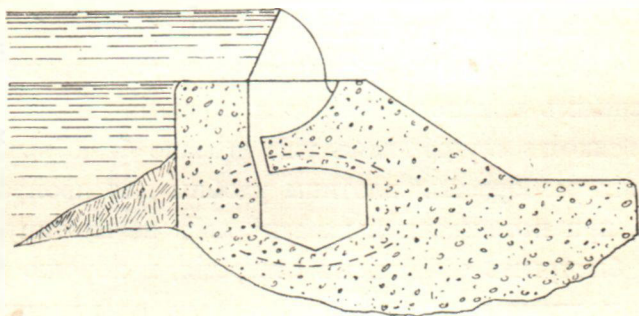


Рис. 50.

дѣйствія плотины достигается расчетомъ объема камеръ такимъ образомъ, чтобы при опредѣленномъ подъемѣ горизонта, соотвѣтственно наклонялась бы и передняя грань разборчатой части.

Неудобство всѣхъ подобныхъ системъ, какъ указано было при разборѣ системъ Дефонтена, заключается въ сильно повышенномъ, благодаря нишѣ флутбетѣ, почему эти системы плотинъ получали примѣненіе, главнымъ образомъ для водосливныхъ отверстій.

Кромѣ того, шарниръ, являющійся въ данномъ случаѣ одной изъ отвѣтственныхъ частей плотины, подвергается

растягивающимъ усиліямъ, что вредно должно отзываться на его работѣ и на кладкѣ, въ которой онъ укрѣпленъ. Главное достоинство подобнаго рода плотины, какъ мы указывали выше, заключается въ удобномъ пропускѣ льда, такъ какъ даже при закрытомъ отверстіи разборчатая часть можетъ податься подъ напоромъ льда, безъ вреда для всей конструкціи, вслѣдствіе того, что ея устойчивость основана лишь на равновѣсіи давленія воды и противодавленія со стороны камеры.

Изъ всѣхъ остальныхъ системъ разборчатыхъ плотинъ, основанныхъ на идеѣ работъ подпора верхняго бьефа, упомянемъ о системѣ Girard'a (см. выше), примѣненной для водослива плотинъ у острова de l'Île-Brûlée на р. Ionne. Щиты, имѣющіе размѣръ 1,97 м. высоты и 3,52 м. ширины, приводятся въ движеніе помощью гидравлическаго прессы, поршень котораго посредствомъ шатуна соединенъ со щитомъ. Главный недостатокъ этой системы—замерзаніе цилиндра во время морозовъ и большая стоимость, превосходящая таковую для системы Поаре и Шаноана почти въ три раза.

Изъ изобрѣтенныхъ въ Россіи системъ подобныхъ плотинъ укажемъ плотину инж. Шистовскаго (1882 г.), идея которой заключается въ слѣдующемъ: флутбетъ, или глухая часть плотины, состоитъ изъ 2-хъ перемычекъ, образованныхъ четырьмя рядами шпунтовыхъ свай; между перемычками, во всю длину плотины, образуется каналъ, какъ въ плотинѣ Дефонтена. Весь этотъ каналъ поперечными схватками и брусьями раздѣленъ на клѣтки, или ящики, между которыми въ раздѣляющихъ ихъ стѣнкахъ, имѣется сообщеніе. Каждый ящикъ закрывается сверху досчатымъ полотнищемъ, вращающимся, какъ крышка ящика, на желѣзныхъ петляхъ, прикрѣпленныхъ къ насадочному брусу низовой стѣнки канала. Это деревянное полотнище можетъ верховымъ ребромъ своимъ только до нѣкоторой

степени опускаться внизъ, въ ящикъ, вращаясь на шарнирахъ низового ребра; вверхъ же оно можетъ подниматься только до брусевъ, образующихъ верхнюю часть флютбета, которыми задерживается въ горизонтальномъ положеніи. Чтобы рама полотнища прикасалась къ этимъ брусамъ плотно, въ краяхъ ихъ соединенія проложено смоленый войлокъ. Сверху, на верховомъ ребрѣ каждого полотнища и перпендикулярно къ его верхней площади, наглухо укрѣпленъ деревянный щитъ. Когда полотнище опустится въ ящикъ, щитъ вмѣстѣ съ верховымъ ребромъ полотнища также опустится внизъ и его верхнее ребро будетъ также вровень съ брусомъ флютбета; въ этомъ положеніи плотина опущена и не даетъ подпора (кроме подпора, производимаго постояннымъ флютбетомъ); когда же полотнище будетъ приведено въ горизонтальное положеніе, тогда щитъ поднимется вмѣстѣ съ нимъ на всю свою высоту выше флютбета и произведетъ подпоръ. Какъ и въ плотинахъ Дефонтена и Американской, подниманіе и опусканіе полотнища производится силою подпора, посредствомъ регулированія щитами, въ колодцахъ береговыхъ устоевъ, соединенныхъ съ верхнимъ и нижнимъ бѣсфами и съ каналомъ плотины подъ вращающимися полотнищами. Передняя сторона щита обдѣлана по дугѣ круга изъ центра шарнировъ; по такой же дугѣ круга обдѣлана и передняя сторона канала. Плотина этого рода можетъ вполне найти себѣ примѣненіе въ мѣстностяхъ съ дешевымъ лѣснымъ матеріаломъ. Болѣе подробное описаніе можно найти въ брошюрѣ автора: «Деревянная самодѣйствующая плотина системы Шистовскаго».

Плотины системы Тавернье или Камере.

Идея плотинъ съ мостомъ и опускающимися съ него стойками естественно возникла изъ идеи Поаре, когда встрѣтились обстоятельства, не позволявшія укладывать

фермы на дно рѣки, и впервые была примѣнена инж. Тавернье, при шлюзованіи р. Роны. Рона несетъ большія количества наносовъ, среди которыхъ попадаются даже большіе камни; благодаря этому обстоятельству и нельзя было думать объ устройствѣ плотинъ, складывающихся на дно, такъ какъ онѣ повреждались бы и покрывались наносами настолько, что невозможно было бы ихъ поднятіе. Устройство же моста, со спускающимися стойками, имѣетъ въ данномъ случаѣ серьезное преимущество въ смыслѣ эксплуатаціи и удобства маневровъ.

Одно изъ грандіозныхъ сооружений этого рода представляетъ плотина на рѣкѣ Сенъ у Позъ, съ подпоромъ въ 4,18 м. построенная въ 1880—84 г. (рис. 51). Эта плотина

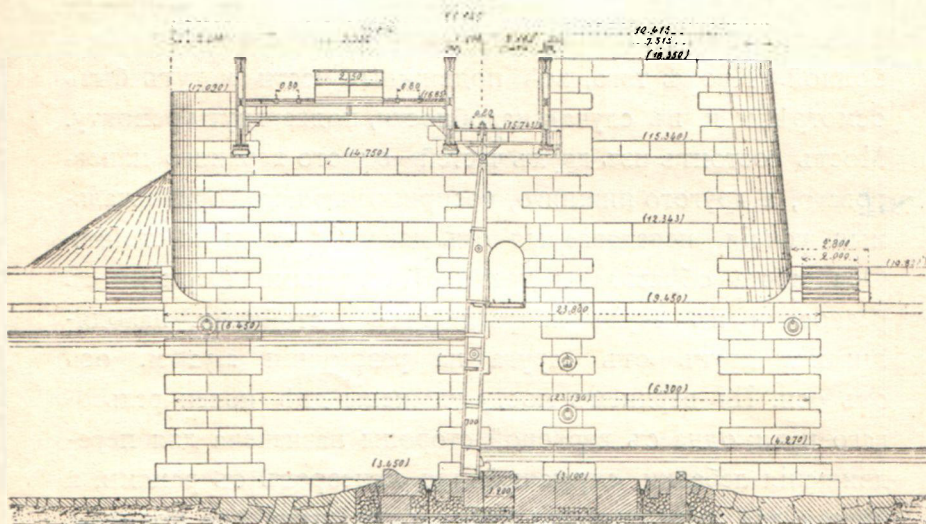


Рис. 51. Плотина на р. Сенъ у Позъ.

имѣетъ 7 пролетовъ, изъ которыхъ 2 по 32,48 м., съ отмѣткой порога на 5 метровъ ниже подпорнаго горизонта, 2 пролета — по 30,16 метр., съ порогомъ на 3 м. ниже подпорнаго горизонта и 3—по 30,16 м., съ порогомъ, заложеннымъ на высотѣ, одинаковой съ первыми двумя. Пролеты обра-

зуются быками, имѣющими толщину 4 метра, поддерживающими мостъ прямолинейной балочной системы. Въ двухъ лѣвыхъ пролетахъ, назначенныхъ исключительно для судоходства при естественномъ теченіи рѣки, низъ фермъ расположенъ на такомъ уровнѣ, чтобы надъ горизонтомъ высокихъ водъ оставалась свободная высота по крайней мѣрѣ 5,25 метра. Въ остальныхъ пролетахъ оставленъ промежутокъ, достаточный для пропуска плавающихъ тѣлъ. Въ нижней части моста прикрѣплена горизонтальная ось, вокругъ которой вращаются стойки, упирающіяся въ порогъ въ положеніи, близкомъ къ вертикальному. Стойки, соединенныя вмѣстѣ по четыре, образуютъ рамы. На эти рамы надѣваются шарнирныя шторы, образующія затворъ. Чтобы открыть пролетъ, достаточно свернуть шторы и поднять рамы къ верховому мосту; рѣка становится свободной. Кромѣ того, всѣ подвижныя части могутъ быть осмотрѣны и, въ случаѣ надобности, подвергнуты ремонту. Мостъ состоитъ изъ двухъ частей—одного верхняго маневрового, а другого нижняго, воспринимающаго горизонтальныя усилія, передаваемые отъ давленія воды на стойки. Оба моста образованы тремя рѣшетчатыми фермами съ раскосами въ двухъ направленіяхъ и стойками, находящимися другъ отъ друга на разстояніи 2,32 м. ось отъ оси. На верхнемъ мосту уложены двѣ колеи рельсового пути; одна съ верховой стороны назначена для передвиженія лебедки, служащей для маневровъ съ рамами, а другая для передвиженія крана, служащаго для поднятія и опусканія на мѣсто шторъ. Третій путь на нижнемъ мостѣ служитъ для передвиженія домкрата для поднятія рамъ.

Длина стоекъ 11,62 м., считая отъ центра вращенія ихъ, при чемъ онѣ имѣютъ уклонъ 0,005 м., на 1 пог. метр. Стойки сгруппированы по двѣ. Каждая группа имѣетъ ширину 0,91 м., считая по внѣшнимъ кромкамъ желѣза, и отдѣлена отъ

сосѣдной группы промежуткомъ 0,25 м. Четыре стойки составляютъ раму, связанную четырьмя поперечинами изъ углового и листового желѣза. Съ низовой стороны рамъ, на 1 метръ выше горизонта верхняго бьефа, устроенъ служебный мостикъ, на которомъ уложенъ рельсовый путь съ разстояніемъ между осями рельсовъ 0,55 м. для передвиженія лебедки, служащей для маневровъ со шторами. Мостикъ состоитъ изъ отдѣльныхъ элементовъ, изъ которыхъ каждый соединенъ со стойками шарнирами, такъ что онъ можетъ быть поднятъ и приложенъ къ поверхности стоекъ; для производства этой операціи имѣются спеціальныя приспособленія. Шторы системы Камере отличаются отъ таковыхъ въ Port-Villez лишь своими размѣрами. Разсмотримъ теперь, какъ совершаются маневры этой плотины.

При открытіи плотины предварительно наматывается штора при помощи лебедки, передвигающейся по служебному мостику. Затѣмъ устанавливается на свое мѣсто, на пути верхняго моста, лебедка, для маневровъ съ рамами. Когда лебедка установлена, отпускаютъ цѣпи; рабочіе, находясь на служебномъ мостикѣ, захватываютъ ихъ концы и соединяютъ ихъ съ отростками цѣпей, придѣланными къ рамѣ. Соответствующіе элементы служебнаго мостика поднимаются и закрѣпляются на рамахъ. Лебедка пускается въ ходъ. Когда рама поднята до верху, ее прикрѣпляютъ къ настилу при помощи цѣпей; цѣпи лебедки освобождаются и лебедка передвигается дальше. Изъ этого ясно, какія операціи приходится совершать и при закрытіи плотины. Средняя продолжительность времени для вышеуказаннаго судоходнаго пролета для маневра съ рамами составляетъ для ручной лебедки: поднятіе 30 минутъ;

»	»	»	спускъ 10,5	»
»	паровой	»	поднятіе 13,50	»
»	»	»	спускъ 9,5	»

При электрической лебедкѣ можетъ быть можно было бы сократить время на эти маневры. Но при примѣненіи этой системы невольно является вопросъ, какъ слѣдуетъ поступать, если бы, напримѣръ, льдины скопились передъ плотиною и воспрепятствовали поднятію рамъ. Для этого подушки, на которыя опираются концы оси вращенія рамъ не закрѣплены неподвижно, но могутъ двигаться въ вертикальныхъ салазкахъ. Ихъ положеніе можетъ быть регулировано при помощи тягъ, по 4 на каждую раму. Не вдаваясь въ подробности конструкции, укажемъ, что сущность заключается въ томъ, что длина салазокъ даетъ возможность приподнять раму, чтобы нижній край стоекъ могъ освободиться отъ порога, въ который онъ упирается. Тогда можно дать плотинѣ отойти въ противоположную обыкновенному подъему сторону, а именно къ нижнему бьефу, а, слѣдовательно, и пропустить ледъ. Поднятіе рамъ совершается домкратами на телѣжкѣ, которая для этой цѣли можетъ циркулировать на пути, уложенномъ на нижнемъ маневровомъ мосту. Плотины такого же рода устроены на р. Сенѣ и у Meulan, Méricourt Port-Mort съ паденіемъ соотвѣтственно 1,76, м., 2,5 м. и 2,65 м.

Разсмотримъ еще одну новую плотину этой системы, построенную въ Сѣверной Америкѣ на Red River у St. Andrews, съ подпоромъ въ 6 метровъ (рис. 52).

Ширина рѣки въ этомъ мѣстѣ 250 м. Быки были размѣщены другъ отъ друга на разстояніи въ 40,55 метр., между ними устроенъ бетонный флютбетъ, возвышающійся надъ меженнымъ горизонтомъ. На быкахъ лежитъ желѣзный мостъ, всего пролетовъ 7, при чемъ одинъ изъ нихъ служить лишь для связи плотинъ съ берегомъ. Стойки и затворы устроены подобно плотинѣ у Позъ (рис. 53 и 54).

Маневры съ плотиною, конечно, тѣ же, что описаны выше, при чемъ открытіе плотины должно производиться постепенно, иначе истеченіе воды въ нижній бьефъ слоemъ

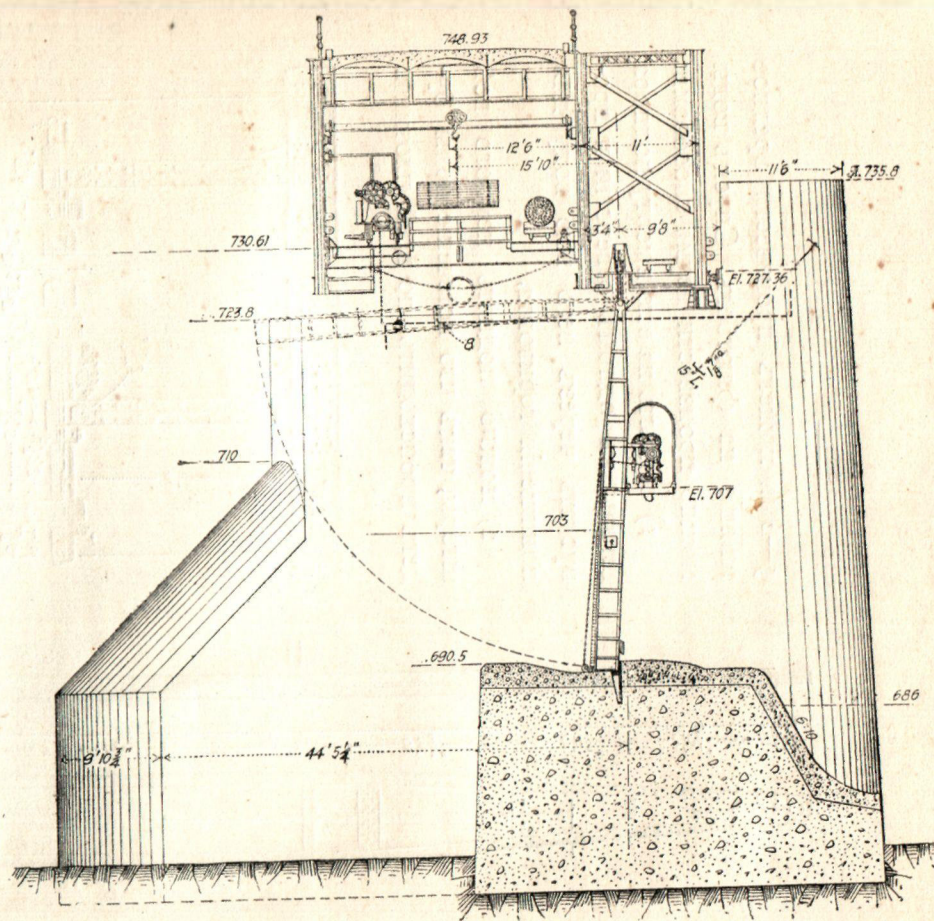
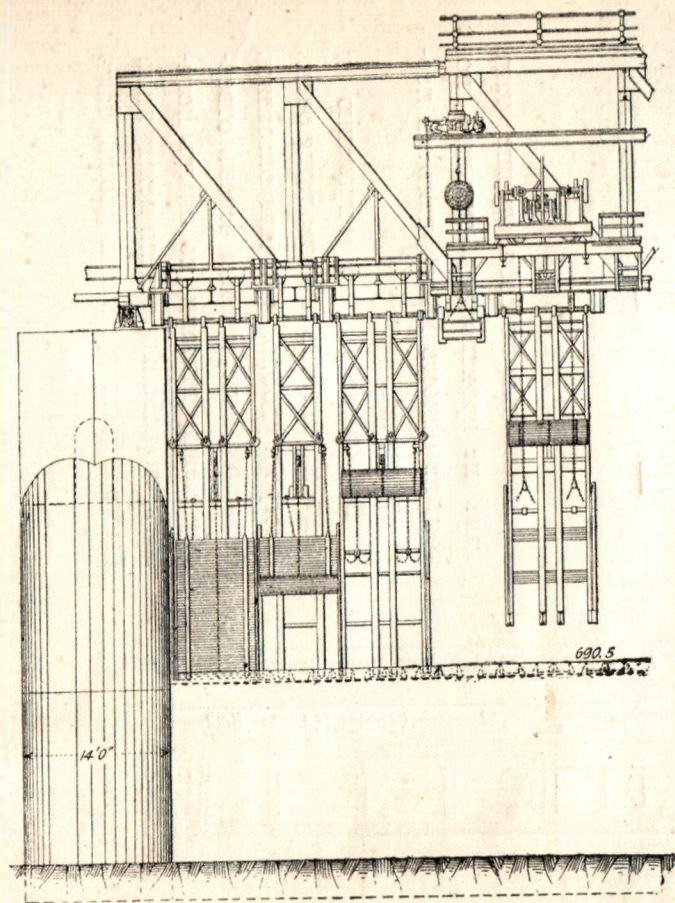


Рис. 52. Плотина на Red Kiver y St. Andrews.

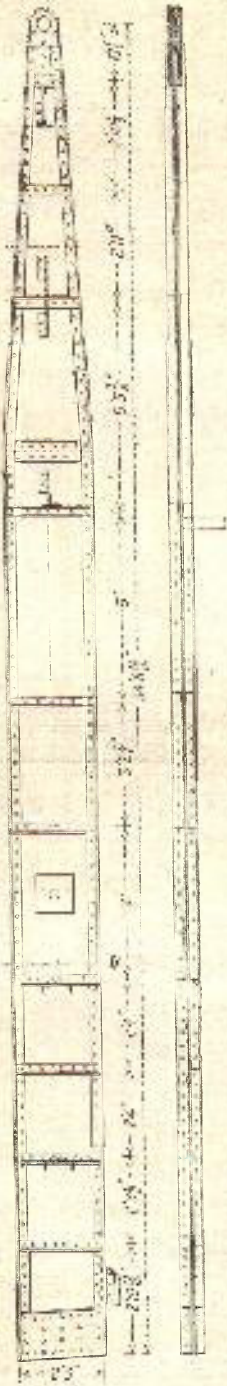


Рис. 54.

5—6 м. можетъ произвести вредное вліяніе на флютбетъ. Спускъ воды можно произвести двумя способами:

1) открыть на всю высоту подпора шторы въ одномъ отверстіи и пропускать черезъ него всю воду для пониженія горизонта,

2) можно поднять немного всѣ шторы, такъ что истеченіе воды будетъ происходить по всей плотинѣ.

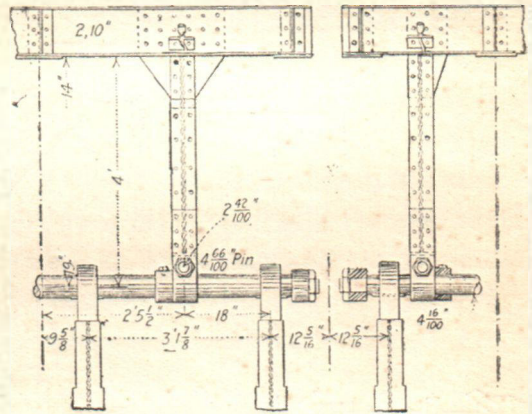


Рис. 53.

Последній способъ лучше, такъ какъ не происходитъ сильнаго потока на одномъ мѣстѣ, какъ въ первомъ случаѣ.

Всѣ маневры по опусканію и подъему щитовъ производятся очень быстро и удобно. Сначала опасались большой потери воды черезъ отверстія между щитами, но опытъ показалъ, что небольшія щели между ними быстро были занесены иломъ, такъ

что образовался совершенно водонепроницаемый затворъ.

Система Тавернье примѣнена и въ Австріи при шлюзованіи рукава Дуная у Вѣны.

Во время весеннихъ водъ происходили постоянныя затопленія съ 1873 года по Donaukanal въ низменныхъ частяхъ города. Посредствомъ устройства спицевого ¹⁾ загражденія удалось не пропускать ледъ въ каналъ и умень-

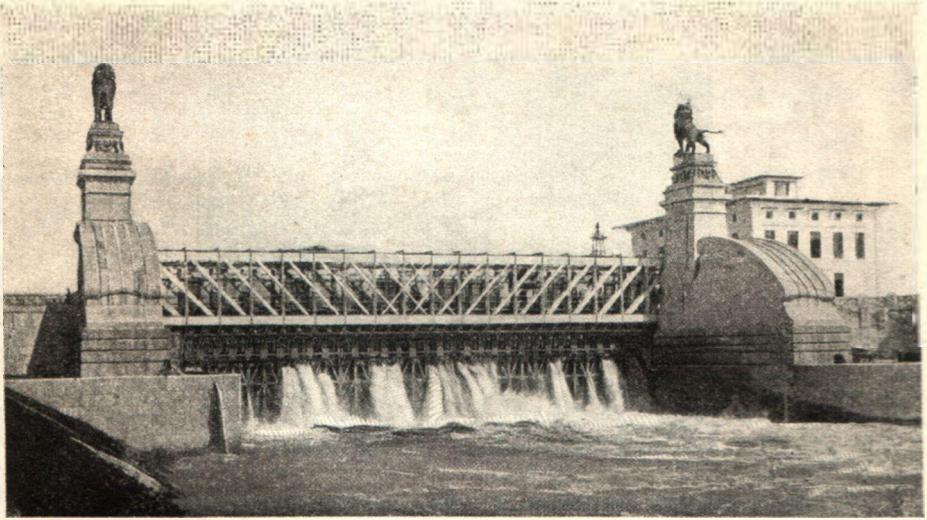


Рис 55. Плотина у Nussdorf.

шить затопленіе земель. Съ другой стороны, при низкихъ горизонтахъ ледъ настолько сильно забивалъ пространство подъ судномъ, что горизонтъ воды въ каналѣ понижался почти до дна, что недопустимо въ сильно за-

¹⁾ Устройство закрытія состоитъ въ слѣдующемъ, какъ оно спроектировано Engerth'омъ: Крѣпкое судно 48,5 м. длины, 9,5 м. ширины и 75 м. высоты имѣетъ въ нижней части 4 перегородки, образующихъ 5 камеръ, которыя можно наполнять водой и ставить судно поперекъ русла. Ниже судна, чтобы не могъ проходить ледъ, устанавливаются съ судна спицы; уборка судна производится выкачкой насосомъ воды.

селенной мѣстности, въ санитарномъ отношеніи; поэтому рѣшили устроить сооруженія, которыя поддерживали бы воду въ каналѣ во время низкаго стоянія воды. Для этой цѣли положено было устроить 4 плотины: одну, заграждающую каналѣ отъ вторженія льда и высокихъ водъ, соединенную со шлюзомъ у Nussdorf; вторую у Kaiserbad, третью немного выше Staatsbahnbrücke (моста гор. ж. д.) и 4-ю на 1 км. выше устья канала въ рѣку у Kaiser-Ebersdorf, причемъ эти плотины даютъ глубину въ каналѣ не менѣе 2 м.

Такимъ образомъ, плотина у Nussdorf, (рис. 53) кромѣ

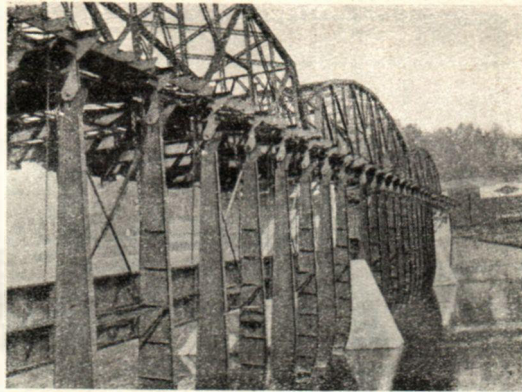


Рис. 56. Плотина на Barge-Canal въ Сѣв. Америкѣ.

назначенія поддерживать глубину въ каналѣ, должна еще задерживать входъ льда въ каналѣ.

Высота верхняго бьефа надъ нулемъ рейки 6,3 м., а нижняго бьефа—0,84 м.; подпоръ 7,14 м., но при пониженіи нижняго бьефа возможенъ случай перепада 9,34 м.

Ширина отверстія 40 метр. Конструкція состоитъ изъ рѣшетчатаго моста, къ которому подвѣшены стойки. При поднятіи стоекъ ихъ возвышеніе надъ нулемъ 7,20 м. Находящіяся другъ отъ друга на разстояніи 1,25 м. стойки соединены въ рамы распорками и діагональными стяжками. Пространство между стойками до высоты 9,80 надъ дномъ

канала закрыто щитами на роликахъ, при чемъ нижніе имѣютъ высоту 2,76 м. Основаніе плотины устроено на кессонахъ. Работы были начаты въ 1894 году и окончены 1898 г. Въсь моста со щитами 1.220 тонн. Элементъ стоекъ и щитовъ вѣситъ 14,8 тоннъ. Для поднятія элемента нужно 40 минутъ, для опусканія — 22 минуты. При употребленіи электрической силы это время можетъ быть уменьшено вдвое. Стоимость всего сооруженія со шлюзомъ 85 м. длины и 15 ширины опредѣляется въ 7.200.000 кронъ. Работы произведены инж. Taussig *).

На подобіе вышеописанныхъ плотинъ системы Тавернье построена плотина у Mirowitz на р. Молдавѣ; общая длина моста при 5-ти пролетахъ—266,5 м. (рис. 57 и 58) Средній судоходный пролетъ (56 м.) закрытъ разборчатыми частями системы Тавернье, а два боковыхъ спицевыми—системы Поаре. Подпоръ 3,9 м., длина стоекъ плотины съ мостомъ 10,44 м. Уборка 25-ти щитовъ производится при помощи 2-хъ электрическихъ лебедокъ въ 1,5 ч., а въ слѣдующіе 1½ часа освобождается и весь судоходный пролетъ.

Укажемъ еще на примѣненіе системы Камере въ Россіи на Вышневолоцкой системѣ на р. Мстѣ. Мстинскій резервуаръ образованъ загражденіемъ р. Мсты при истокѣ ея изъ озера Мстина сооруженіемъ, которое именуется Мстинскимъ шлюзомъ. Мстинскій шлюзъ, вѣрнѣе—разборная плотина съ судоходнымъ пролетомъ, запирающая р. Мсту при выходѣ ея изъ озера Мстина, имѣетъ три пролета, изъ нихъ одинъ судоходный, шириною 5,33 саж. и два другіе не судоходные, шириною по 5,67 саж. Шлюзъ, первоначально построенный въ 1786 году, капитально перестроенъ въ 1902 г., при чемъ быки и устои его сдѣланы изъ кирпичной кладки и облицованы гранитомъ на цементномъ растворѣ. Въ судоходномъ пролетѣ Мстинскаго шлюза и была примѣнена система мостовой плотины Тавернье-Камере.

*) См. также Eng. News 1810 г. стр. 611. „Movable Dams on the New-York State Barge Canal» (рис. 56).

Какъ на нѣкоторую разновидность системы Тавернье, можно указать плотину на р. Ронѣ у г. Женевы, въ которой пролетъ закрывается шторами, подвѣшенными къ мостику, а рамы опускаются на флютбетъ, вращаясь около нижней оси, укрѣпленной на послѣднемъ.

Разсмотримъ также 2 плотины, одинаковыя по конструкции и оконченныя постройкой въ 1901 г. на р. Oise, одной изъ наиболѣе оживленныхъ рѣкъ Франціи.

Нормальный горизонтъ одной изъ этихъ плотинъ въ Creil (рис. 59) имѣетъ отмѣтку 26,9. Настиль верхняго моста неподвижный поднять надъ уровнемъ весеннихъ водъ на 4 м. (отмѣтка весенней воды 28,9) Плотина имѣетъ три

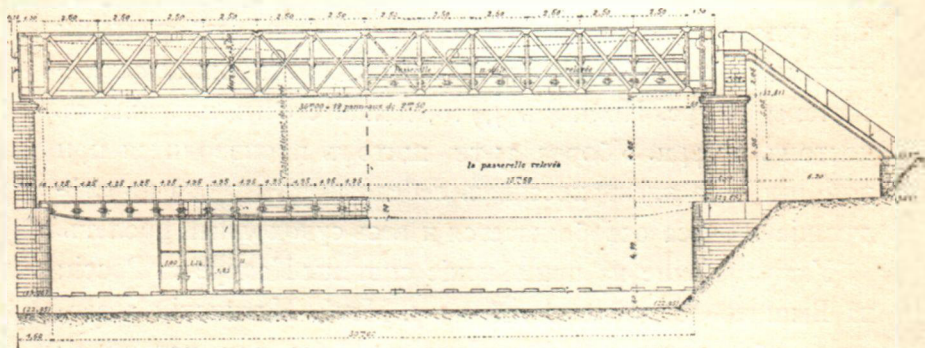


Рис. 59. Плотина на р. Oise въ Creil.

пролета: 1-й—шириною 13,2 м. съ флютбетомъ на глубинѣ съ отмѣткой 22,95 м. и два судоходныхъ пролета по 30 м. съ флютбетомъ на глубинѣ съ отмѣткой 23,75. Разсмотримъ послѣдніе.

Подъ верхнимъ неподвижнымъ мостомъ находится подвижной мостикъ, къ которому прикрѣпляются рамы, упирающіяся внизу въ порогъ флютбета. Эти рамы поддерживаютъ щиты на каткахъ.

Подвижной мостикъ состоитъ изъ двухъ фермъ 0,90 м. высоты и соединяется посредствомъ поперечныхъ балокъ

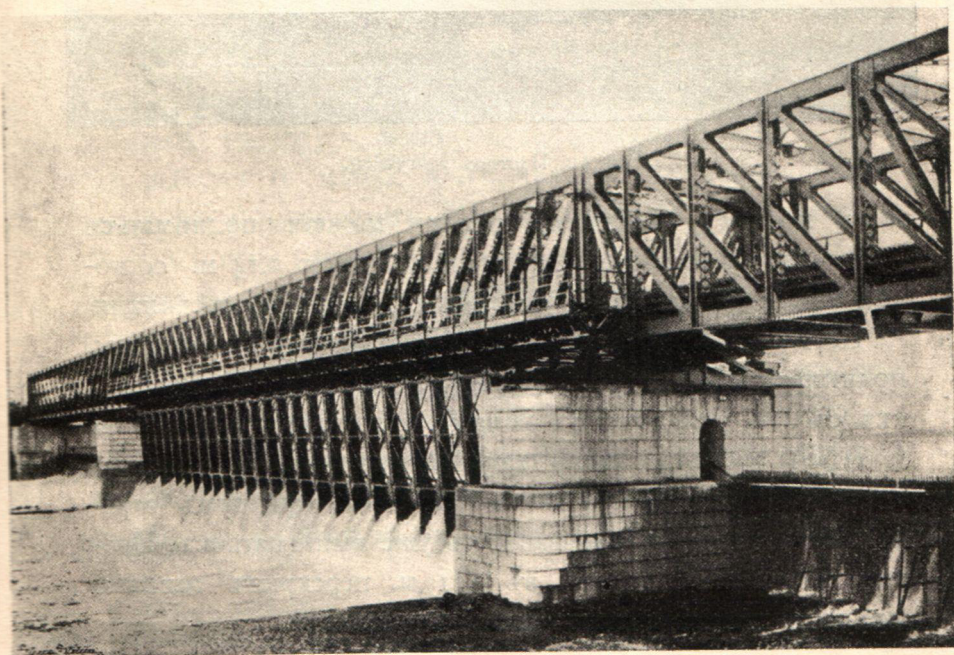
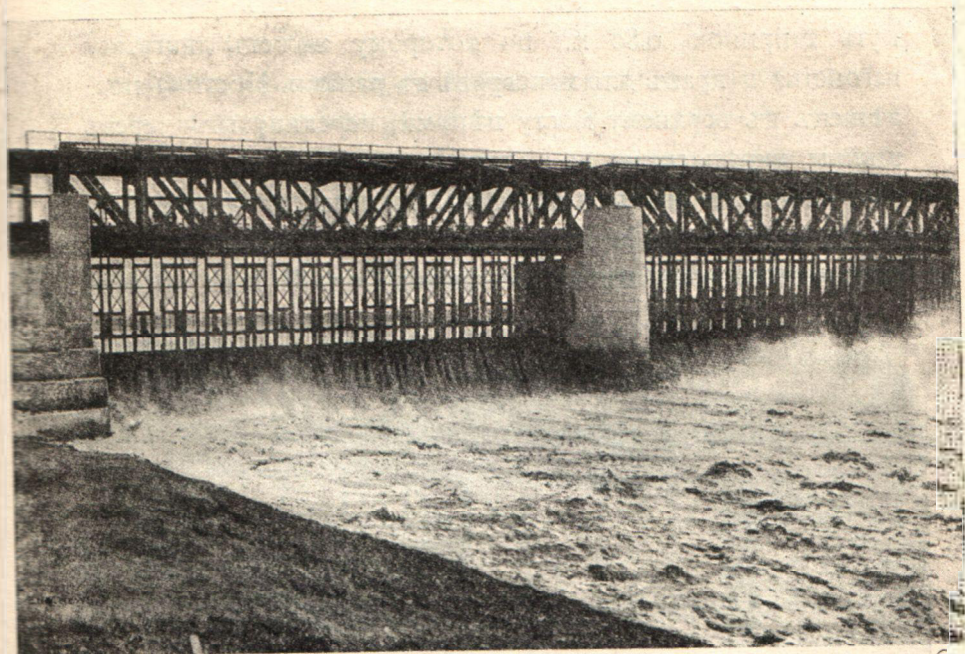


Рис. 57 и 58. Плотина на р. Молдаві у Mirowitz.

пролетомъ 2,50 м. На этомъ мостикѣ уложенъ рельсовый путь шириною 0,80 м., по которому можетъ двигаться вагонетка и кранъ для маневровъ съ рамами. Мостикъ подвѣшенъ къ верхнему мосту цѣпами, перекинутыми черезъ шкивы, укрѣпленные на мосту. Противовѣсы удерживаютъ въ равновѣсїи этотъ мостикъ въ любомъ его положеніи. Когда мостикъ лежитъ на опорахъ, то онъ соединяется съ верхнимъ мостомъ еще посредствомъ тѣлъ. Во время павод-

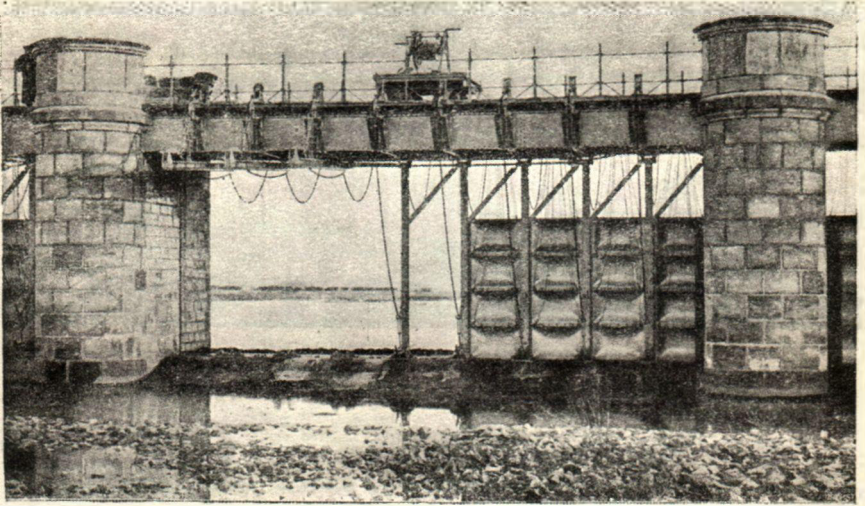


Рис. 60. Плотина у Pretzien.

ковъ мостикъ вмѣстѣ съ рамами можетъ подниматься къверху. Рамы высотой 3,963 м. и шириною 1,14 м. состоятъ изъ 2-хъ стоекъ, соединенныхъ 3-мя поперечинами.

Когда нужно открыть плотину, то, убравъ затворы, поднимаютъ рамы горизонтально помощью крана, снимаютъ ихъ съ оси, укладываютъ на вагонетки и увозятъ въскладъ.

Щиты имѣютъ длину 1,07, высоту 0,42 и толщину 0,047 м. Каждая рама имѣетъ 6 щитовъ, при чемъ верхній щитъ не имѣетъ указанныхъ уже выше катковъ. Промежутокъ между рамами въ 0,11 м. перекрытъ спицами шириною 0,14 м. и толщиной 0,035 м.

Отверстие въ 13,2 имѣетъ устройство, аналогичное судоходному пролету.

Конструкція плотины довольно сложна, но эта сложность вызвана тѣми условіями, въ которыхъ находится это сооруженіе. Дѣло въ томъ, что обыкновенно уборка разборчатыхъ плотинъ производится уже тогда, когда начинается появляться сало. Между тѣмъ дѣятельное судоходство на р. Ойсе вызываетъ необходимость держать подпорный горизонтъ до самаго послѣдняго момента, слѣдствіемъ чего можетъ произойти навалка льда на сооруженіе. Система должна позволять открывать пролетъ и при этихъ условіяхъ. Опытъ показалъ удовлетворительную работу описанныхъ выше затворовъ и щиты на каткахъ могли подниматься безъ всякихъ затрудненій во время морозовъ.

Оригинальнымъ приспособленіемъ для плотинъ съ верхнимъ мостомъ является уничтоженіе порога и замѣна его особеннымъ подвижнымъ рычагомъ, по уборкѣ котораго стойки могутъ подниматься вверхъ къ мосту въ сторону теченія, что въ особенности важно при условіи работы плотины зимою для гидроэлектрическихъ установокъ. Одна изъ такихъ плотинъ устроена у Pretzien *) на р. Эльбѣ, въ 1875 г. Какъ видно изъ рисунка (рис. 61 и 62), лебедка *W* цѣпью *K* соединяется съ колѣнчатымъ рычагомъ *P* и рычагомъ *H*, вращающимся около оси *Z* при поднятіи цѣпи *K*; тогда изъ-за опоръ коробки *M* выводится болтъ *R*, и низъ стойки освобождается. На стойкахъ кромѣ того имѣются особые выступы *B*, упирающіеся непосредственно на рычагъ *H*, чѣмъ разгружается ось вращенія *B*, имѣющая нѣкоторую игру въ своей цапфѣ.

Съ нѣкоторыми видоизмѣненіями подобная же идея нашла себѣ примѣненіе при устройствѣ плотины въ Bocholt на р. Мүльдѣ, притокъ р. Эльбы, гдѣ плотина

*) Génie civil 1885 г. 14 стр.

построена для надобностей большой мельницы, при чемъ она приспособлена для пропуска паводка и плавающихъ тѣлъ. Часть плотины съ пониженнымъ флютбетомъ имѣетъ пять отверстій, пролетомъ каждое въ свѣту 11,27 метровъ. Каждое отверстіе раздѣлено на 5 частей, закрываемыхъ щитами съ роликами, опирающимися на стойки. Стойки не поставлены на дно, а висятъ, при чемъ верхней точкой опоры является шарниръ у служебнаго мостика. Вертиальныя стойки открываются въ направленіи давленія воды, имѣя внизу закрѣпленія въ видѣ кулачковъ, упирающіяся въ выступы коробокъ. Посред-

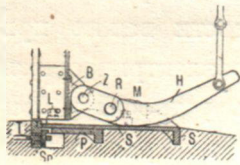


Рис. 61.

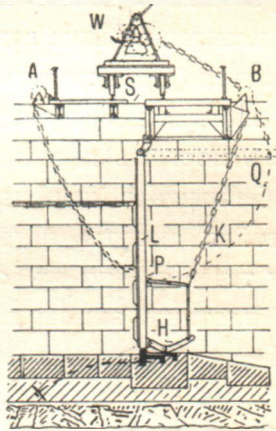


Рис. 62.

ствомъ особаго механизма можно эти кулачки повернуть, чѣмъ и устраняется упоръ внизу, и стойка поднимается кверху посредствомъ лебедокъ. Стоимость конструкціи желѣзныхъ частей 42.000 марокъ.

Приведемъ интересныя свѣдѣнія относительно стоимости нѣкоторыхъ изъ указанныхъ выше плотинъ. Стоимость устройства плотинъ Позъ исчисляется въ 16.536 франковъ за пог. метръ, не считая въ этой суммѣ расходовъ по постройкѣ различныхъ приспособленій, составляющихъ не-

обходимыя принадлежности плотины, цѣна которыхъ, конечно, должна быть включена въ стоимость пог. метра. При тѣхъ же самыхъ условіяхъ, по сообщенію инж. Буле, стоимость плотины у Suresnes опредѣлилась въ 10.375 франковъ. Если же внести всѣ вышеупомянутыя побочныя сооруженія: склады, укрѣпленія береговъ и т. п., то стоимость пог. метра опредѣлится въ 14.200 франковъ. Для плотины у Позъ соотвѣтственная стоимость выразится въ 28.150 франковъ на пог. метръ.

Эти данныя наглядно показываютъ, какъ высока первоначальная затрата на устройство подобнаго рода сооруженій.

Однако, могутъ быть обстоятельства, когда примѣненіе этого типа плотины является единственнымъ возможнымъ и желательнымъ рѣшеніемъ задачи, когда, на примѣръ, рѣка влечетъ много наносовъ, камней, и потому при устройствѣ плотины, складывающейся на дно, послѣдняя можетъ быть настолько засыпана ими, что поднятіе ея можетъ представить значительныя затрудненія. Кромѣ того, преимущество такой системы очевидно, если для сообщенія между берегами все равно нужно устраивать проѣзжій или пѣшеходный мостъ. При такихъ условіяхъ его, строго говоря, можно не вводить въ стоимость собственно плотины.

Такимъ образомъ нельзя не прійти къ выводу, что вслѣдствіе значительной стоимости этого рода разборчатыхъ плотинъ, примѣненіе ихъ, если того не требуютъ особыя обстоятельства, повидимому, едва ли желательно. Это положеніе усиливается еще тѣмъ обстоятельствомъ, что, хотя эти плотины и примѣняютъ на судоходныхъ рѣкахъ, какъ уже нами было указано, но верхній не разводный мостъ является все-таки естественнымъ препятствіемъ для судоходства, стѣсня габаритъ судовъ. Поэтому плотина выходитъ при большихъ размѣрахъ судовъ и большой разности между подпорнымъ горизонтомъ и наивысшимъ весеннимъ излишне высокой, исходя лишь изъ положенія необходимости пропускать суда черезъ плотину. 7

Послѣдній недостатокъ можетъ быть устраненъ, если устраивать плотину не на постоянномъ, а на поворотномъ мосту, такимъ образомъ, чтобы послѣ того, какъ щиты убраны, и стойки подтянуты къверху, мостъ можно было повернуть въ сторону и такимъ образомъ освободить пролетъ. Въ небольшомъ, сравнительно, масштабѣ, такое устройство примѣнено на каналѣ St.-Mary въ Сѣверной Америкѣ (рис. 63).

Плотина расположена въ каналѣ, имѣетъ пролетъ 33 метра, причемъ закрыты одновременно два отверстія, такъ что общая длина моста 94 метра. Къ мосту прикрѣплены тавровыя стойки, на которыя опираются щиты. При открытіи плотины сначала вынимаются щиты, потомъ поднимаются стойки въ горизонтальное положеніе. Тогда уже мостъ вращается и открываетъ пролетъ (рис. 64). Въ 1909 г. при поломкѣ воротъ дѣйствительно понадобилось привести въ дѣйствіе эту плотину.

Такое же устройство примѣняется въ настоящее время и на Панамскомъ каналѣ на шлюзахъ у Gatun, Pedro-Miguel и Miraflores. Мостъ имѣетъ длину 80,20 м., при чемъ перекрываетъ пролетъ въ 33,53 метра. На длинномъ рукавѣ моста помѣщена плотина, а на другомъ помѣщаются противовѣсы и механизмы. Всѣ эти плотины стоятъ 2.000.000 долларовъ.

Плотины системы Стоней.

Обыкновенная щитовая плотина по конструкціи представляетъ крайне простое устройство: сооружается высокій мостъ, въ устояхъ котораго устраиваются пазы, и въ нихъ закладываются щиты, которые можно поднимать посредствомъ цѣпей или тягъ съ моста. Однако, подобная система имѣетъ существенные недостатки: необходимо придавать отверстіямъ между быками небольшіе пролеты, для того, чтобы щиты не становились слишкомъ громоздкими

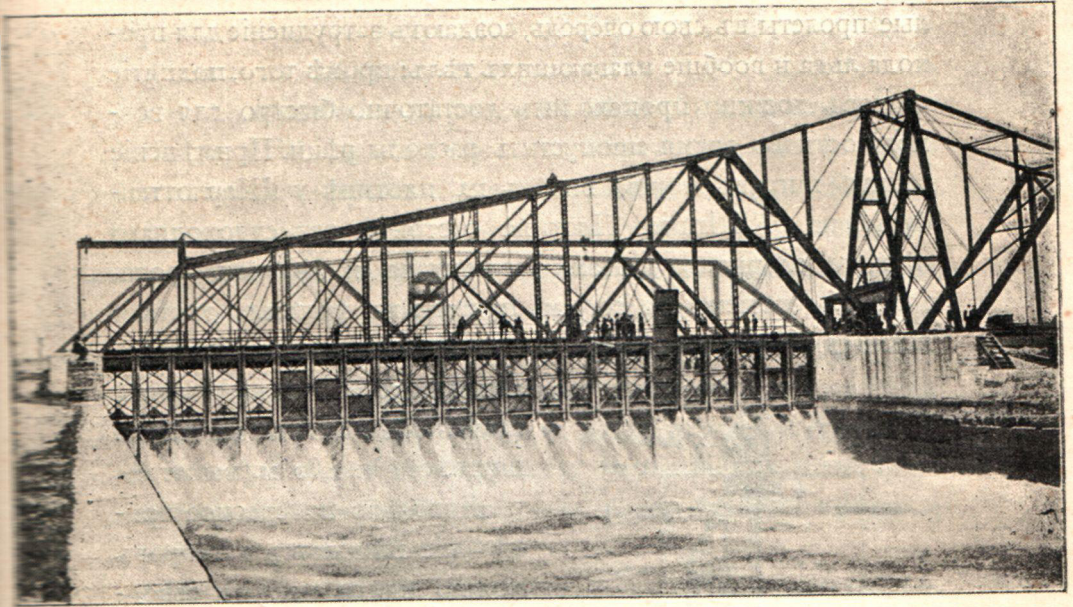


Рис. 63. Общій видъ щитового затвора на каналъ St.-Mary въ Сѣв. Ам.

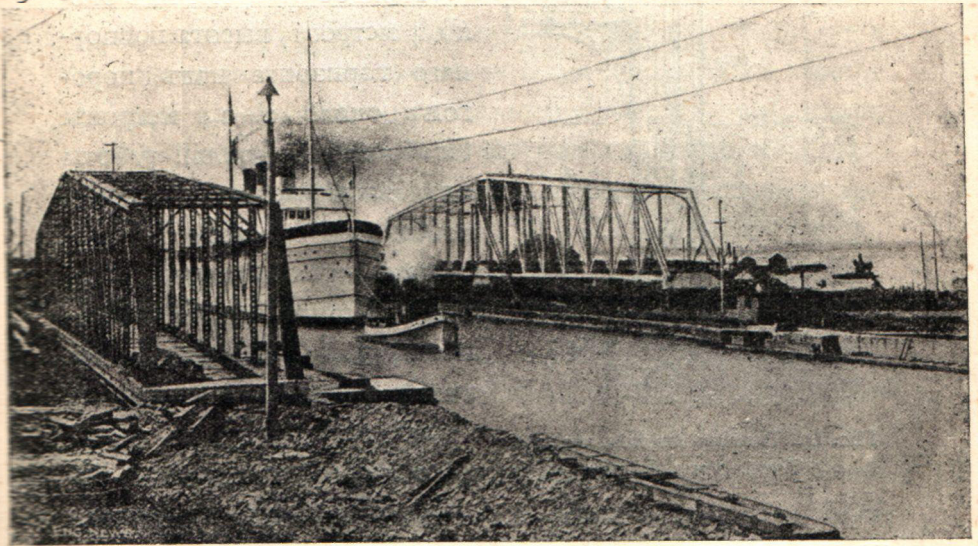


Рис. 64. Общій видъ щитового затвора на каналъ St. Mary (въ открытомъ состояніи).

низовое полотно упирается на порогъ; полотно верхнее упирается въ выступы, находящіеся на таковой высотѣ, что щиты перекрываютъ другъ друга лишь на нѣсколько сантиметровъ. Чтобы поднять щитъ, тянуть за полотно нижнее и такимъ образомъ даютъ отверстіе понизу. Верхнее полотно остается неподвижнымъ до тѣхъ поръ, пока нижнее полотно не поднимется вровень съ верхнимъ и не захватитъ его посредствомъ крюка, имѣющагося на послѣднемъ щитѣ, тогда верхній щитъ приводится въ движеніе. При опусканіи верхнее полотно слѣдуетъ за нижнимъ благодаря собственному вѣсу и, когда первое остановится на вышеуказанныхъ выступахъ, то нижнее полотно опускается на порогъ. Оба полотна уравниваются противовѣсами.

Подъемъ щитовъ совершается однимъ человекомъ, первый метръ въ 4 минуты, а каждый послѣдующій въ 2 минуты. Съ 1890 года работали эти плотины вполне исправно. Стоимость квадратнаго метра плотины 520 фр.

Дальнѣйшее увеличеніе щитовъ возможно было лишь при примѣненіи приспособленій, уменьшающихъ треніе ихъ при скольженіи, что и было впервые въ видѣ опыта, примѣнено инж. Стонеемъ въ небольшомъ размѣрѣ на Манчестерскомъ каналѣ, откуда его изобрѣтеніе получило потомъ большое распространеніе. Идея его щитовъ заключалась въ томъ, что они имѣли рамы съ роликами, которыя преобразовали треніе скольженія въ треніе катанія. Въ первоначальныхъ установкахъ совокупность роликовъ, на которые опирается щитъ, подымалась вмѣстѣ съ послѣднимъ, но со скоростью вдвое меньшею, почему нижніе ролики, оставаясь открытыми, портились отъ воды, когда послѣдняя несла песокъ въ особенности при большой скорости теченія. Въ настоящее время это неудобство уничтожено усовершенствованіемъ фирмы Ramsons et Rapier въ Лондонѣ, заключающимъ въ томъ, что роликовые

рамы устроены въ видѣ безконечной цѣпи, наматывающейся на шить во время его подъема *) или по способу, употребленному при постройкѣ новыхъ плотинъ системы Стоней на Панамскомъ каналѣ въ Сѣв. Америкѣ. Цѣлый рядъ опытовъ доказываетъ полную пригодность этой системы при устройствѣ высокихъ разборчатыхъ плотинъ на весьма значительныхъ рѣкахъ, какъ несущихъ массы наносовъ, такъ и свободныхъ почти отъ нихъ.

Кромѣ того примѣненіе этого типа важно и въ случаѣ шлюзованія рѣки съ цѣлью создать большія паденія воды для полученія движущей силы и преобразованія послѣдней въ электрическую энергію.

Какъ на одно изъ самыхъ давнихъ примѣненій въ 1895—1896 гг. системы Стоней можно указать на плотину въ Chèvres на Ронѣ, устроенную для полученія гидроэлектрической энергіи для Женевы, находящейся отъ нея въ 6 килом. Плотина имѣетъ 6 пролетовъ, каждый пролетъ имѣетъ 10 метровъ въ свѣту и 8,50 метровъ высоты. Фундаментъ бетонный, толщиною 1,1 м. шириною 16 метровъ. Подпоръ сильно измѣняется, такъ какъ уровень въ Женевскомъ озерѣ по соглашенію прибрежныхъ кантоновъ поддерживается постоянно въ извѣстныхъ предѣлахъ. Подпоръ въ малую воду 8,50 м., а въ высокую 4,5 м., расходъ измѣняется отъ 11 до 21,5 куб. метр. Каждый изъ щитовъ Стоней имѣетъ вѣсъ въ 50 тоннъ и можетъ быть поднятъ 2-мя рабочими, со скоростью 4,68 м. въ часъ, при усилии въ 34,6 кмп. Стоимость плотины—780.570 франковъ.

По образцу плотины Chèvres у Женевы въ 1903 году у промывательного бассейна шлюза du Crotoy были примѣнены щиты системы Стоней, имѣющіе каждый отверстіе въ 6 метровъ.

Опишемъ ихъ нѣсколько подробнѣе.

Каждый пролетъ закрывается однимъ щитомъ; при ши-

*) Это приспособленіе еще не примѣнялось.

ринъ 6 метровъ и максимальной высотъ подпора 3,65 м. вѣсъ щита и принадлежностей около 18 тоннъ; вода оказываетъ давленіе въ 98 тоннъ (рис. 66). Для облегченія вѣса щитовъ ихъ подвѣшиваютъ посредствомъ канатовъ, перекинутыхъ черезъ блоки и уравниваютъ противовѣсами. Для уменьшенія же тренія между щитами и ихъ опорами помѣщены ролики. Каждый щитъ снабженъ наверху двумя приборами для подвѣшиванія; каждый приборъ имѣетъ два ролика; черезъ эти ролики продѣты канаты въ количествѣ 4-хъ; они сгруппированы по два и діаметръ ихъ

0,5 м / метр

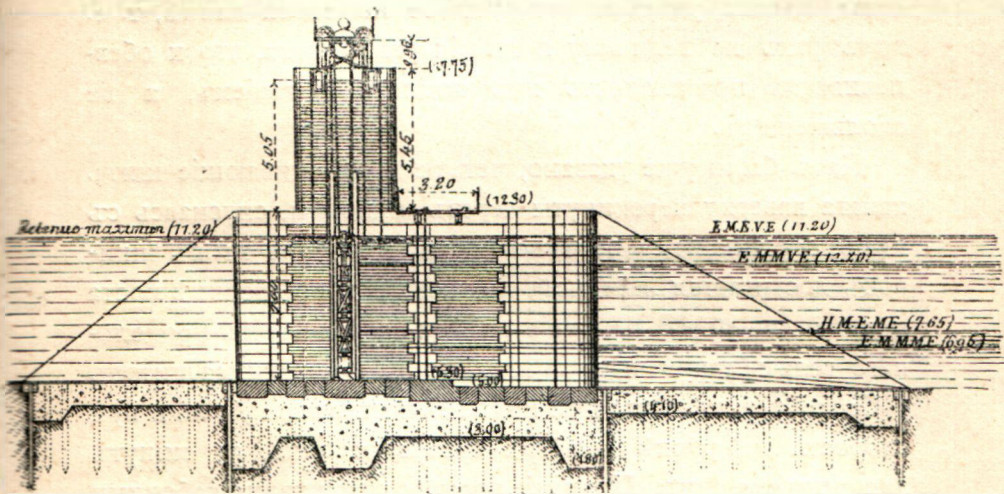


Рис. 66. Затворы du Crotoy.

25 мм. (рис. 67). Свободные ихъ концы, пройдя черезъ шкивы на верхнемъ маневровомъ мостикѣ, сцѣпляются съ противовѣсомъ. Движеніе противовѣса направляется вертикальными тягами изъ круглаго желѣза.

Укрѣпленіе роликовой рамы заключается въ слѣдующемъ: въ кладкѣ устоя устроена ниша, на низовой сторонѣ которой устроена балка, служащая для движенія катковъ, такая же балка прикрѣплена и къ щиту.

Катки состоятъ изъ цилиндровъ діаметромъ 15 см.,

оси которыхъ поддерживаются рамой изъ плоскаго желѣза, служащей въ то же время направляющей при движеніи катковъ. Для обезпеченія правильности движенія катковъ со скоростью вдвое меньшею, чѣмъ щитъ, устраивается слѣдующее приспособленіе. На верху катковой рамы помѣщены два блока; такой же блокъ помѣщенъ и на щитѣ. Канатъ, толщиною 14 мм., перекидывается черезъ блокъ на щитѣ, потомъ черезъ два ролика на рамѣ катковъ, и оба свободные конца каната прикрѣпляются наверху къ маневровому мостику. Такимъ образомъ, при движеніи щита канаты укорачиваются вдвое по своей длинѣ, т. е. какъ разъ на величину поднятія рамы катка, что и обезпечиваетъ правильность ихъ поднятія катаніемъ, а не скольженіемъ.

Какъ было уже указано, четыре подвѣшивающіе щитъ каната наверху перекинуты черезъ шкивы и, спускаясь съ нихъ, соединены съ противовѣсомъ. Движеніе этихъ шкивовъ достигается лебедкой, помѣщенной по срединѣ моста и приводящей вѣ вращеніе шкивы посредствомъ продольнаго вала и безконечнаго винта. Передача механизма щитовъ у Crotou 349, такъ что при подъемѣ щитовъ на 5,65 m. и при скорости на ручкѣ 1 метръ требуется около 33 минутъ для подъема щита. Поднятіе производится двумя рабочими съ максимальнымъ усиліемъ въ 35 клгр.

Стоимость этого сооруженія обошлась въ 56.907 франковъ, изъ которыхъ на металлическія части приходится 44.704 фр. Сооруженіе работаетъ вполне исправно. Поверхности катанія катковъ оставались все время гладкими, въ то время какъ на щитахъ въ плотинѣ у Chèvres замѣчены обратныя явленія, а потому тамъ пришли къ заключенію, что балки требуютъ тщательной и дорогой отдѣлки.

На рѣкѣ Мургабѣ съ ирригаціонными цѣлями устроены были затворы Стоней по проекту инж. А. М. Валугева, (рис. 68) конструкція которыхъ сходственна съ таковой пол-

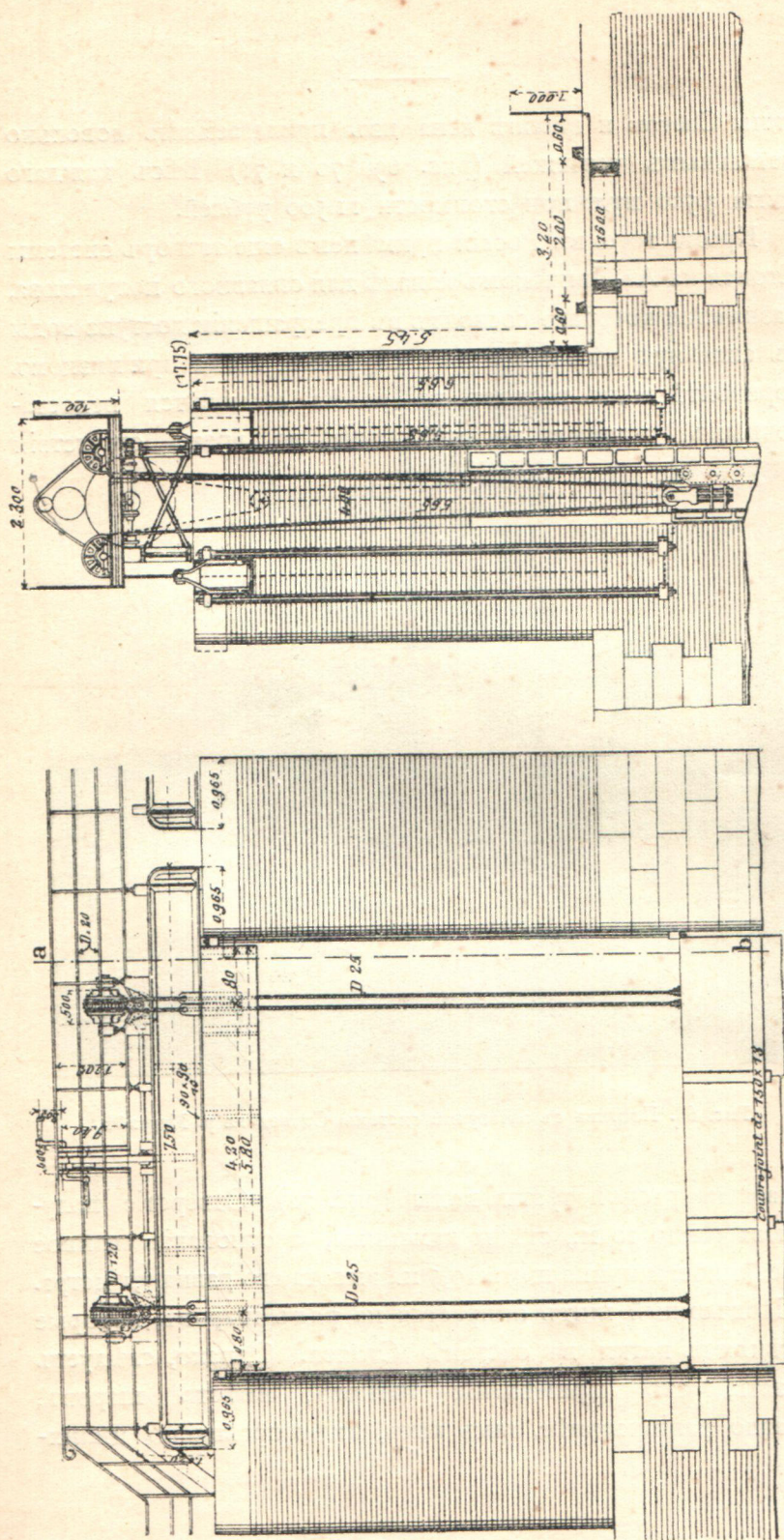


Рис. 67. Затворы du Crotey.

тины Chèvres и вполне ясно изъ прилагаемыхъ довольно детальныхъ чертежей (рис. 69, 70 и 71). Въсь каждаго щита 3.500 пуд. при стоимости 11.500 рублей.

Кромѣ того, въ Россіи примѣненъ еще затворъ системы Стоней на Аа-Двинскомъ каналѣ для сплавногo полушлюза, назначеніе котораго состоитъ въ прекращеніи доступа воды въ сплавную вѣтвь въ тѣхъ случаяхъ, когда при низкомъ горизонтѣ воды расходъ въ р. Аа становится недостаточнымъ, а также во избѣжаніе во время отсутствія

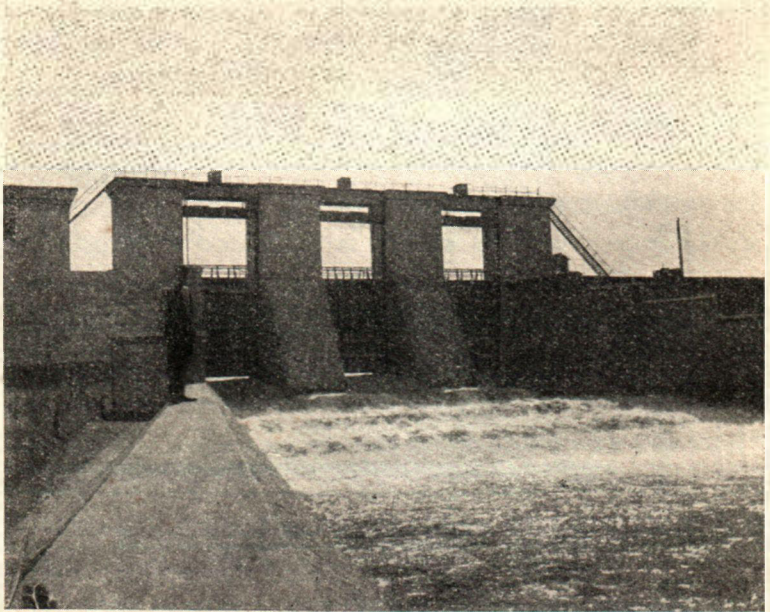


Рис. 68. Плотина съ затворами системы Стоней на р. Мургабѣ.

сплава напрасной траты воды (рис. 72). Отверстіе полушлюза равно 10 м., стѣны каменные, а основаніе свайное деревянное; ширина щита 10,5 м., высота его равна 3,1 метра.

Подъемный щитъ опирается на рядъ шаровъ, которые замѣняютъ катки въ системѣ Стоней. Однако, слѣдуетъ указать, что примѣненіе катковъ, вмѣсто шаровъ, гораздо раціональнѣе, такъ какъ, имѣя правильно цилин-

деталь катковой рамы

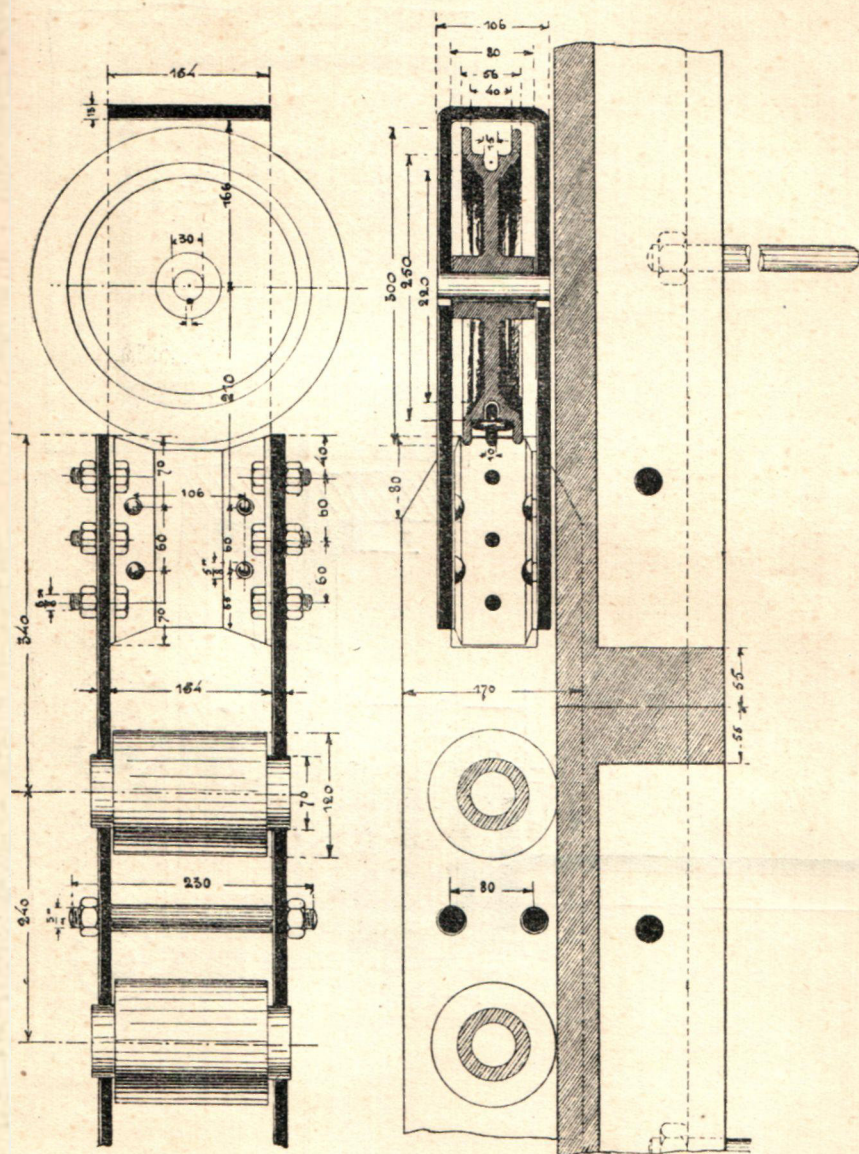
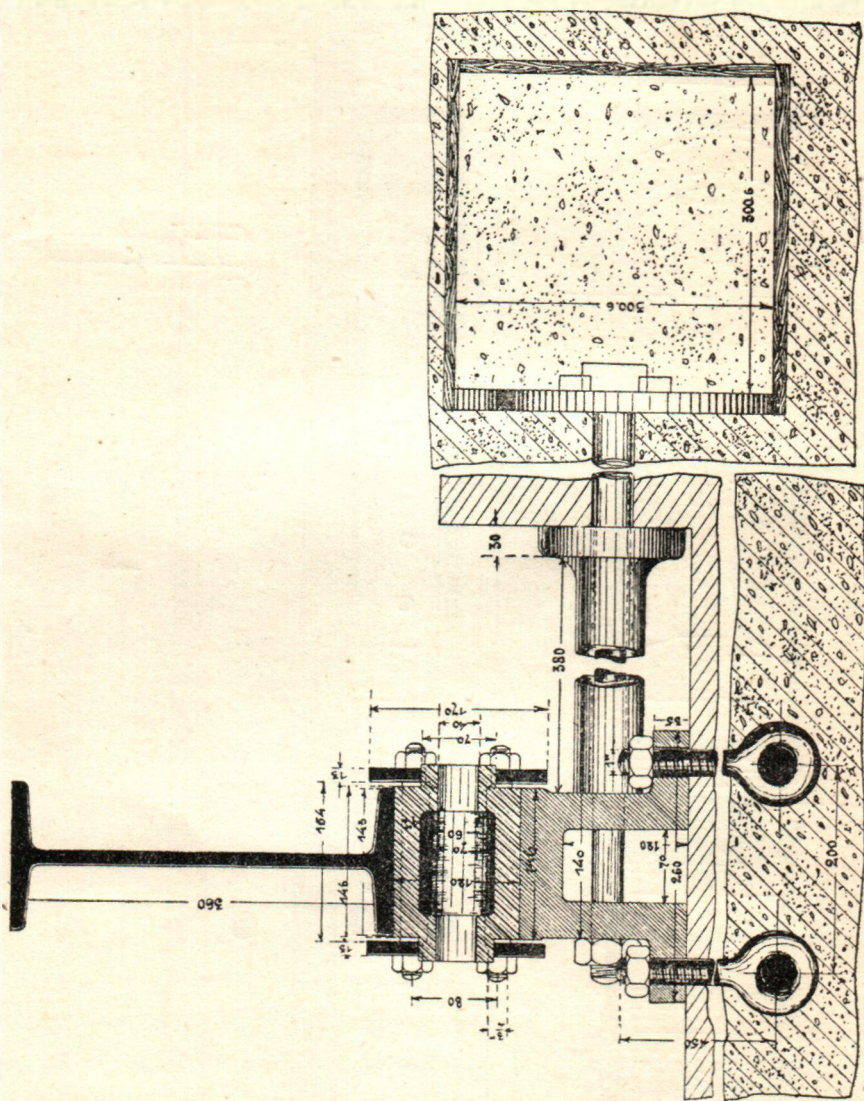


Рис. 69.

дрическую форму, катки прилегаютъ къ обоимъ рельсамъ (на устоѣ и щитѣ) по всей длинѣ катка. Между



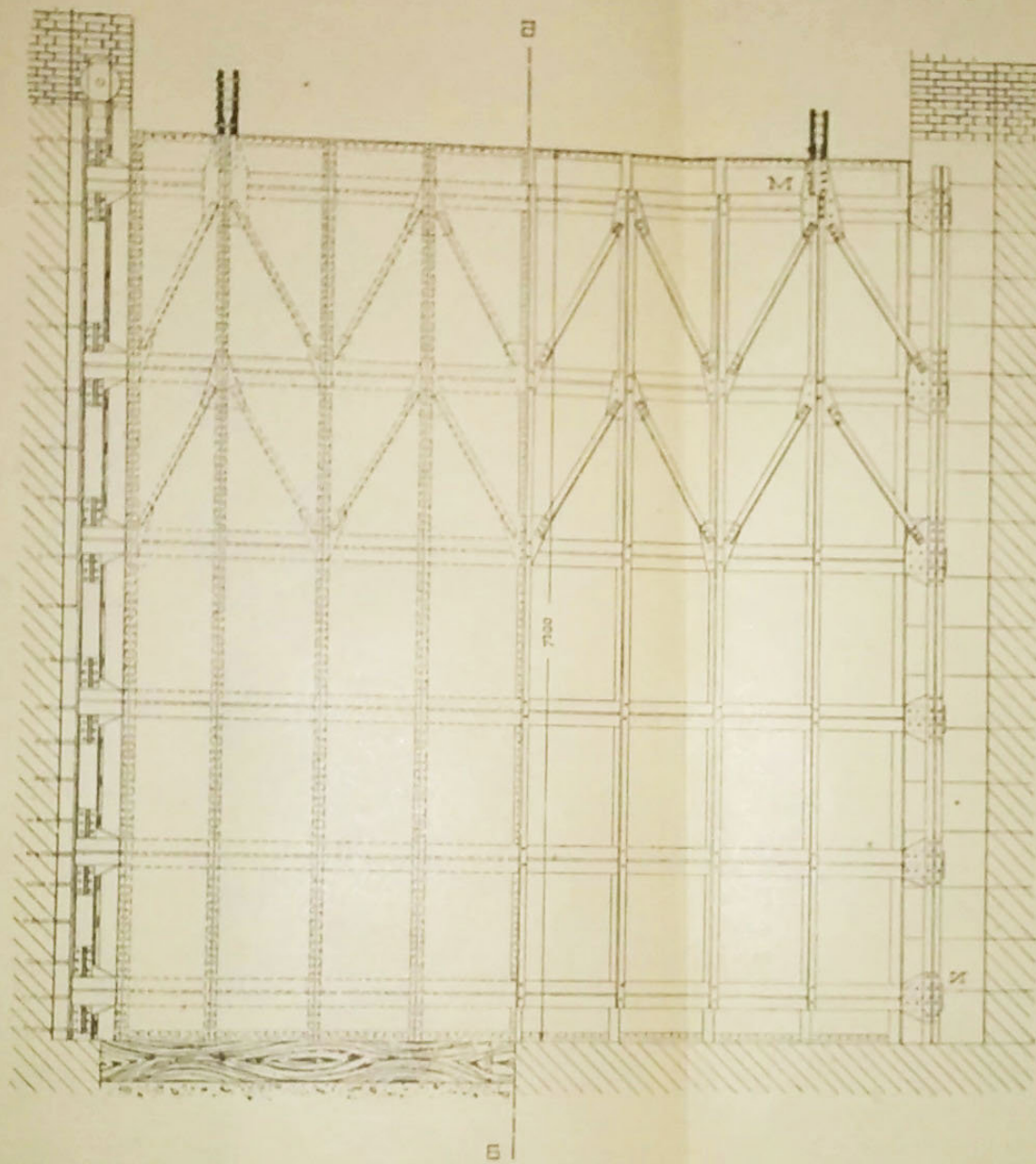
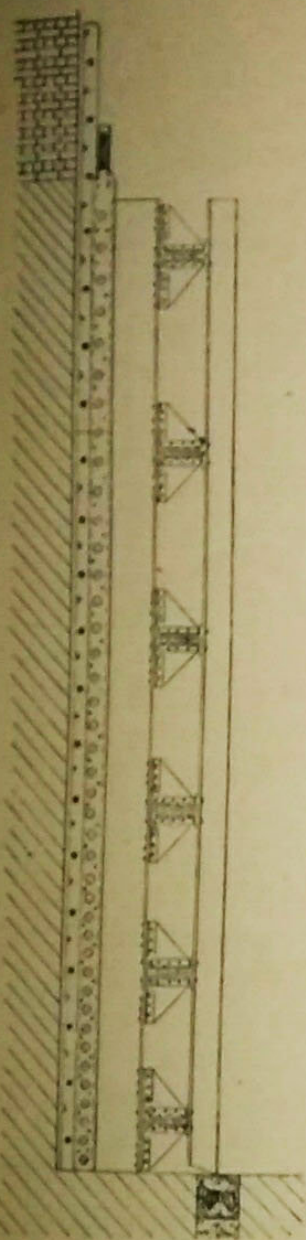
тѣмъ какъ шары могутъ катиться или по одной линіи, т. е. прикасаясь въ одной точкѣ, или по 2 линіямъ, прикасаясь

Фасадъ

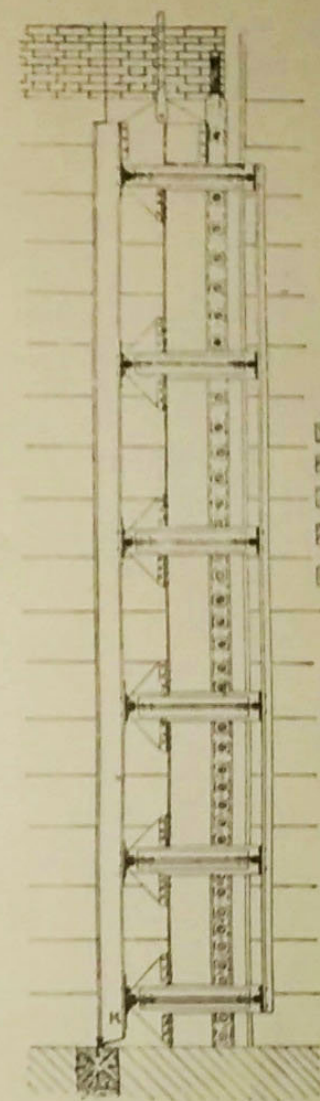
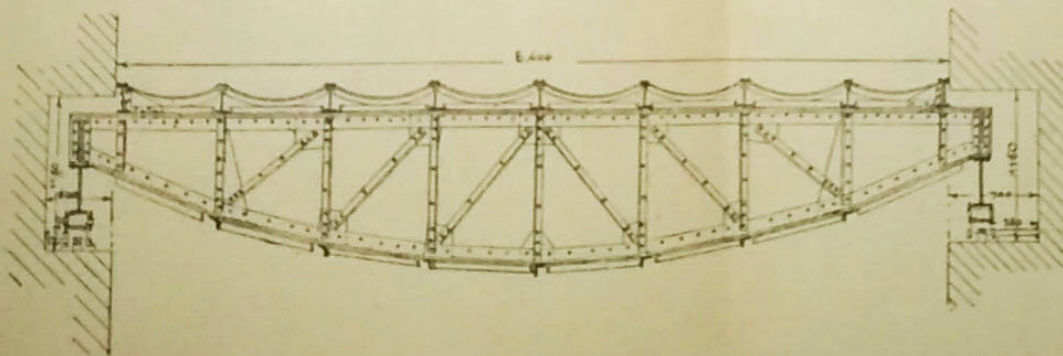
со стороны верхняго вѣтра

со стороны нижняго вѣтра

Разрѣзъ лд 26



Лань



Условные обозначения

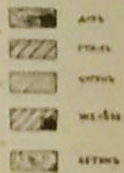


Рис. 71. Детали щита плотовъ системы Стоеня на р. Мургабѣ.

въ двухъ точкахъ, какъ это имѣтъ мѣсто на Аа-Двинскомъ каналѣ. При этомъ оба круга, по которымъ происходитъ движеніе шара, должны лежать въ строго параллельныхъ плоскостяхъ, равно отстоящихъ отъ центра шара. Въ противномъ случаѣ, кромѣ катучаго, будетъ имѣтъ мѣсто еще и скользящее треніе, что весьма увеличитъ силу, необходимую для подъема щита. Кромѣ того, прижимаясь къ рельсамъ лишь двумя точками, шары должны изнашиваться быстрее, чѣмъ катки, прижимающіеся по всей длинѣ. Въ виду сего въ затворахъ Стоenea и примѣняются обыкновенно катки, а не шары. Причина, почему на Аа-Двинскомъ каналѣ все-таки поставлены шары, заключается, повидимому, въ желаніи Лифляндскаго Общества избѣжать уплаты привилегіи на щиты Стоenea (привилегія прекращена только въ 1905 г.).

Интересное примѣненіе щитовъ Стоenea имѣется еще на плотинѣ, устроенной на р. Simme въ Швейцаріи, впадающей въ р. Kander, несущую свои воды въ озеро Thunersee.

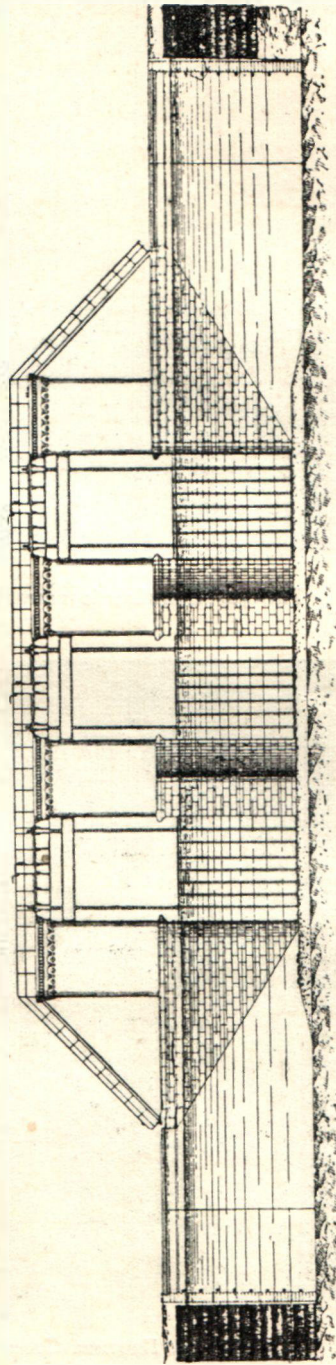


Рис. 71. Плотина на р. Мургабѣ.

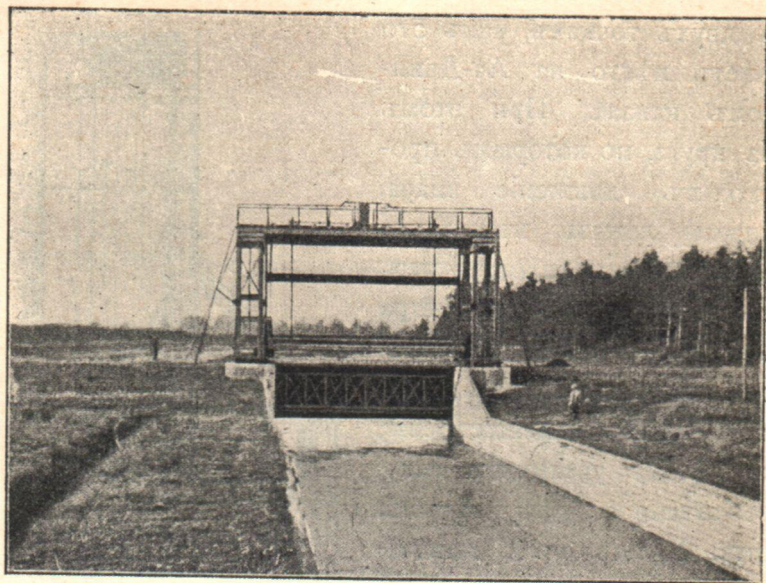


Рис. 72. Примѣненіе щитовъ Стонея на Аа-Двинскомъ каналѣ.

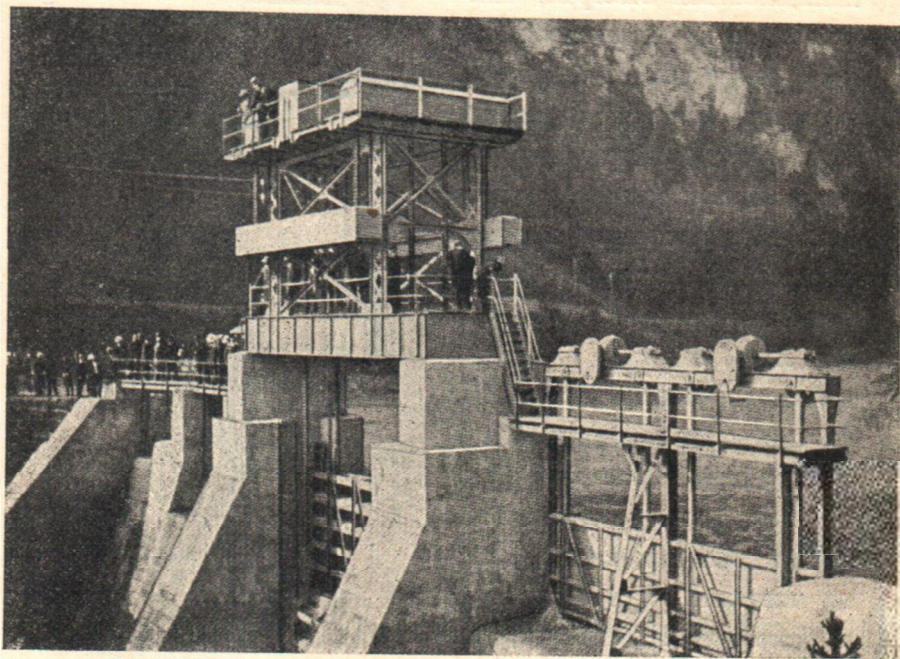


Рис. 73. Плотина Стонея на р. Симме въ Швейцаріи.

Плотина устроена на этой горной рѣкѣ съ цѣлью утилизаціи гидравлической энергіи (рис. 73). Плотина состоитъ изъ устоевъ, между которыми помѣщаются двойные щиты 7 метр. ширины и 3,5 метр. высоты (устройство сходно съ вышеописанной плотиной у Lisieux рис. 74). Съ боковъ устроены еще по два желѣзныхъ щита въ 3,75 м. ширины, а а по краямъ два водослива, съ гребнемъ на уровнѣ подпорнаго горизонта. При открытыхъ щитахъ пропускъ черезъ среднее отверстіе 260 метр.³, а черезъ боковыя—110 метр.³. Построено это сооруженіе въ 1907 году. Система щитовъ средняго пролета состоитъ изъ двухъ щитовъ, при чемъ каждый изъ нихъ закрываетъ половину высоты пролета.

Заслуживаетъ также вниманія примѣненіе щитовъ Стоней на большой гидроэлектрической установкѣ на р. Dordogne у г. Tuilière. Расходъ рѣки измѣняется отъ 38 куб. м. до 5000 куб. м. во время паводковъ (рис. 75). Наибольшій подпоръ 12 метр. надъ меженью. Средняя работа станціи 13.000 НР. Плотина поэтому должна быть такъ устроена, чтобы при сравнительно большомъ напорѣ могла бы давать большее отверстіе при наступленіи паводковъ, почему и остановились на щитахъ Стоней. Плотина имѣетъ отверстіе у праваго берега въ 7 метровъ, а всѣ остальные 7 отверстій по 10 метровъ ширины. Каждое отверстіе закрыто однимъ щитомъ, приводимымъ въ движеніе при помощи электрической лебедки, помѣщенной на маневровомъ мосту. Щиты могутъ подниматься выше извѣстныхъ паводковъ. Наибольшій подъемъ щитовъ 17,76 м. Каждый щитъ подвѣшенъ 8 цѣпями, раздѣленными на двѣ группы по 4 цѣпи. Цѣпи прикрѣплены къ концамъ двухъ балансировъ, оси которыхъ прикрѣплены къ концамъ третьяго, вращающагося около неподвижной оси на щитѣ. Такое устройство позволяетъ равномерно распредѣлить усиліе на всѣ 4 цѣпи. Цѣпи наверху перекинуты черезъ шкивы, сопряженные съ лебедкою, далѣе обходятъ шкивы на 2-хъ противовѣсахъ

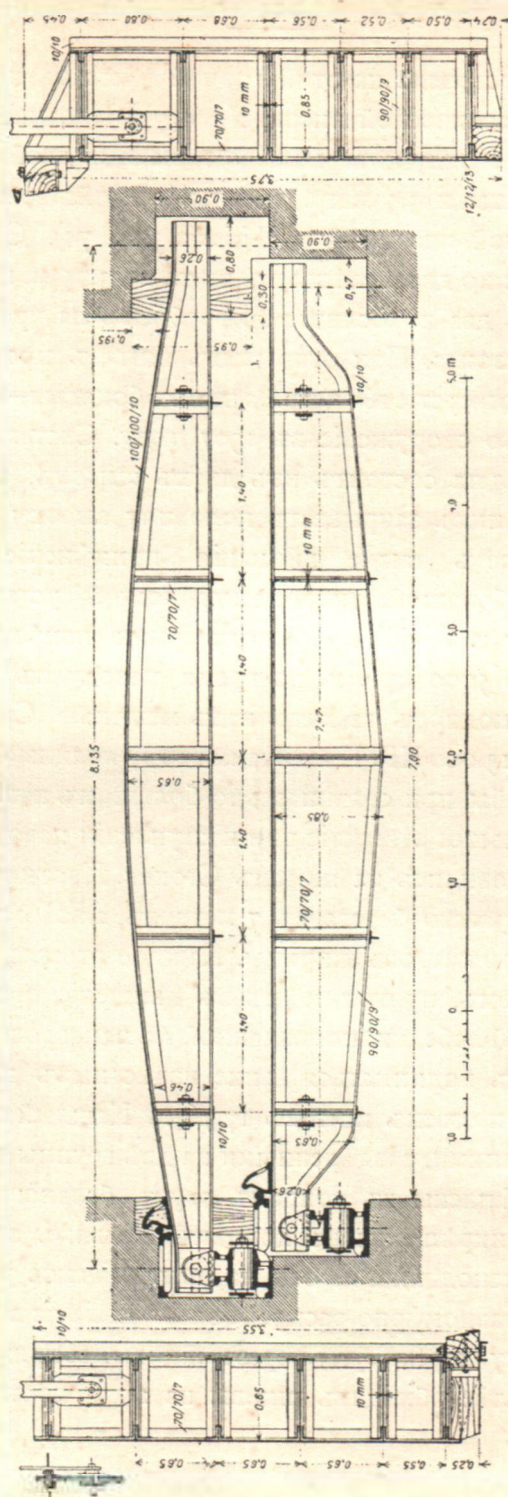


Рис. 74. Детали щитовъ плотины на р. Симпе.

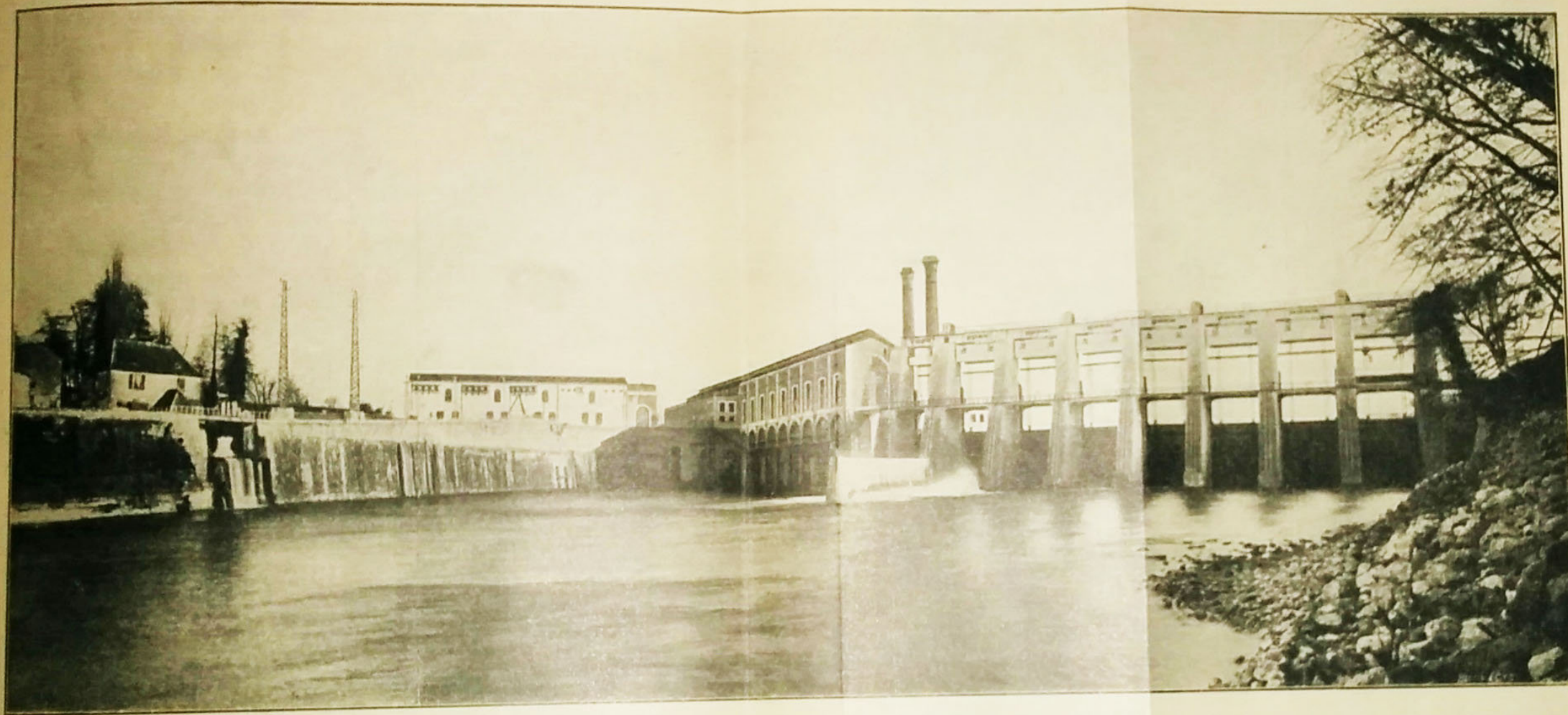


Рис. 75. Гидроэлектрическая установка на р. Dordogne у г. Тульере.

и закрѣплены концами на мосту. Въ рамѣ имѣется 41 роликъ, при чемъ разстояніе между ними увеличивается кверху, чѣмъ достигается извѣстная равномерность распределения давленія. Равномерность подъема рамы достигается тѣмъ же устройствомъ, что и въ выше описанныхъ примѣрахъ. Построена эта гидравлическая установка въ 1908 г. Стоимость плотины со зданіемъ для электрической станціи 7.000.000 франковъ, а электрическое оборудованіе 5.000.000 франковъ.

Укажемъ еще на двѣ гидроэлектрическія установки на Рейнѣ выше Базеля, изъ которыхъ въ первой у Augst-Wyhlen *) плотина имѣетъ высоту 10 м. и общую длину въ 213 м. Отверстій 10 перекрыто щитами Стонея размѣрами $18,7 \times 9,5$ м. при вѣсѣ 100 тоннъ. Стоимость плотины 4.000.000 марокъ. Щитъ стоитъ 125.000 марокъ, на 1 кв. м.—750 марокъ. Въ другой установкѣ у Laufenburg'a плотина имѣетъ общую высоту около 15 м., при четырехъ отверстіяхъ, по 17,3 м.; щиты среднихъ пролетовъ имѣютъ высоту 15 м., а крайнихъ—13,7 м. Стоимость всей плотины 3.000.000 марокъ.

Въ послѣднее время на «New-York Barge Canal» въ Сѣв. Америкѣ примѣнена была плотина съ цѣльнымъ щитомъ,двигающимся на каткахъ, укрѣпленныхъ на самомъ щитѣ. Детали конструкціи видны довольно ясно изъ приложенныхъ чертежей (рис. 76, 77 и 78). Устройство этой плотины интересно еще въ смыслѣ примѣненія для довольно высокихъ опоръ—металлическихъ рѣшетчатыхъ конструкцій (рис. 79).

Однимъ изъ существенныхъ недостатковъ щитовъ Стонея, какъ мы уже указывали выше, является различіе скоростей движенія катковъ и щита (первая въ два раза больше второй). Это обстоятельство вредно отражается

*) Z. V. d. I. 1910 ст. 1456 Deutsche Bauzeit. 13 авг. 1910.

на цѣлости катковъ, такъ какъ они остаются погруженными въ воду, почему портятся плавающими тѣлами наносами. Въ самыхъ новѣйшихъ устройствахъ уже введено усовершенствованіе въ этомъ отношеніи; какъ это усматривается изъ двухъ установокъ въ Панамскомъ каналѣ, а именно водосливовъ у Gatun, имѣющаго 14 пролетовъ по 13,41 м. при высотѣ постоянной части 69', и у Miraflores общей длиною 131,68 м. при

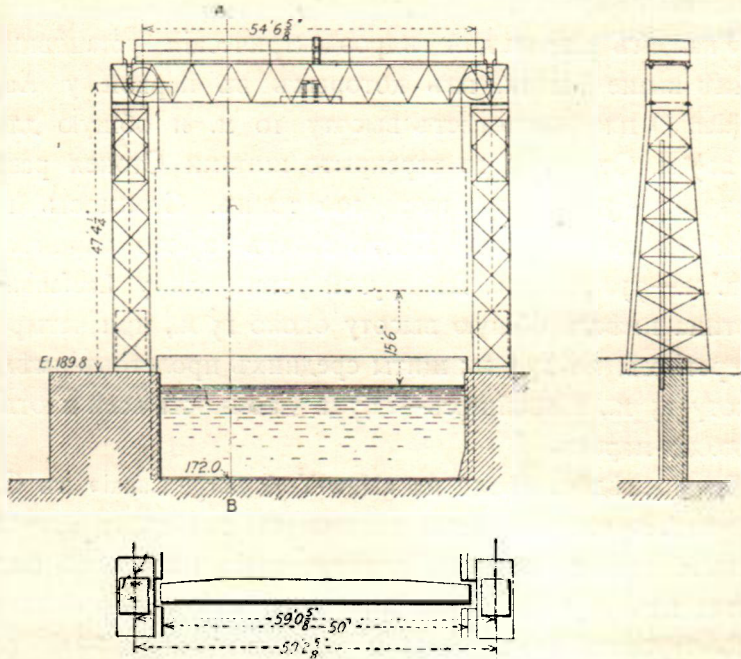


Рис. 76. Затворы плотины на Barge Canal.

такихъ же пролетахъ. Каждый щитъ имѣетъ 14,12 м. ширины и 5,8 м. высоты при вѣсѣ 42т. Рамы съ роликами расположены на передней сторонѣ щита и по бокамъ плотность затвора достигается посредствомъ планки, входящей въ пазъ чугунной доски, задѣланной въ стѣнки устоевъ. По этой же доскѣ скользитъ бронзовая балочка, прикрѣпленная рессорой къ щиту. Каждый щитъ подвѣ-

шенъ на двухъ цѣпяхъ, на концахъ которыхъ находятся противовѣсы. Посредствомъ этихъ цѣпей и электрическаго мотора въ 7HP производится подъемъ всей системы. Цѣпь, поддерживающая роликовыя рамы, укрѣплена однимъ концомъ на мостикѣ и проходитъ черезъ 5 блоковъ, изъ которыхъ два подвѣшены неподвижно на щиты, другіе два подвижны, такъ что все устройство иріобрѣтаетъ видъ въ родѣ полиспаста, пятый же блокъ прикрѣпленъ къ рамѣ съ роликами. Эта рама двигается сперва со скоростью вдвое меньшею, чѣмъ щитъ. Когда щитъ выходитъ изъ воды, то нижніе блоки посредствомъ особаго приспособленія останавлива-

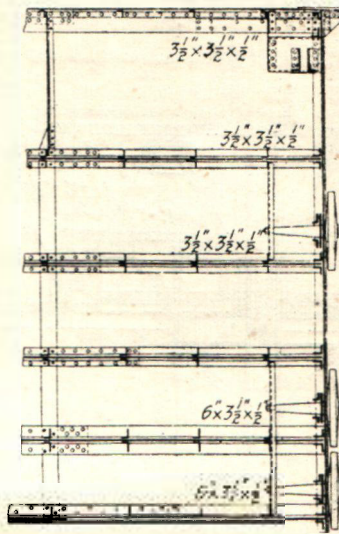


Рис. 77. Видъ щита.

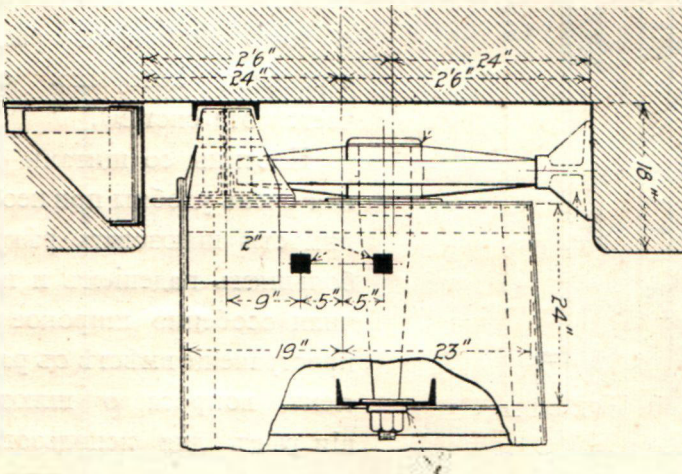


Рис. 78. Деталь катковъ.

ются и не участвуютъ въ движеніи щита, почему рамы роликовъ начинаютъ быстро двигаться и выходятъ

изъ воды, такъ что не могутъ подвергаться порчѣ отъ плавающихъ тѣлъ. Чтобы такое движеніе роликовъ

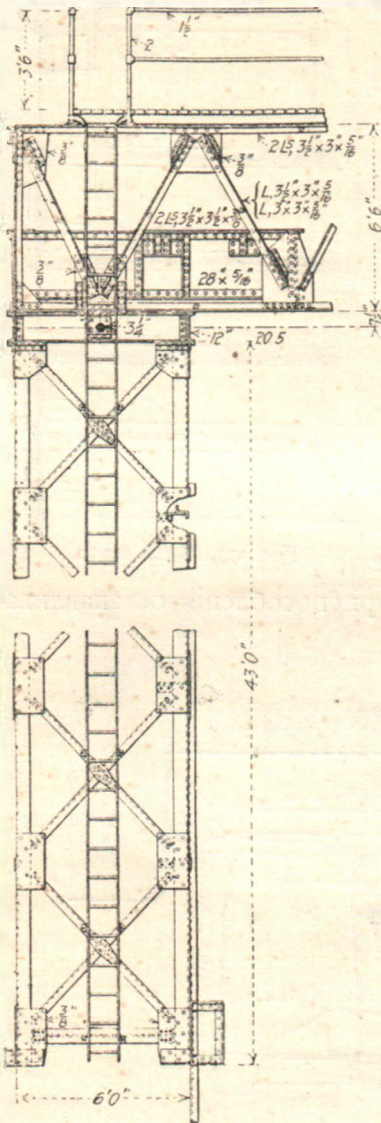


Рис. 79. Деталь опоръ.

подъ щитами было возможно, щитъ посредствомъ двухъ катковъ отодвигается въ верховую сторону, чѣмъ достигается необходимая свобода движенія роликовъ.

Вмѣсто моторовъ могутъ быть примѣняемы ручные приводы. Стоимость водослива у Gatun 3.365.000 долларовъ, а у Miraflores — 2.156.000 долларовъ.

Нижеприведенныя данныя о нѣкоторыхъ плотинахъ съ затворами системы Стонея, собранныя въ таблицу, свидѣтельствуютъ достаточно ярко о томъ широкомъ распространѣнн, которымъ отличается эта система.

Плотины со щитами Стонея очень удобны при необходимости шлюзовать рѣку съ большимъ паденіемъ и получили особенно широкое распространѣнн вмѣстѣ съ развитіемъ вопроса о шлюзованн рѣкъ для использованія гидравлической энергіи. Несмотря на большую сравни-

тельно величину щитовъ они обладаютъ легкостью подъема для освобожденія отверстія при быстрыхъ паводкахъ и для

Плотины системы Стонея.

Наименованіе.	Число.	Пролетъ отверст.	Щ и т ы.			Годъ соору- женія.	Названіе рѣки.
			Высота.	Ширина.	Вѣсъ.		
Англія.							
Beleek	4	8,84	4,42	9,48	12,2	1883	Lugh-Evne.
Ballinasloe	4	7,61	2,74	8,8	—	1888	Suck.
Drumshambo . . .	4	7,61	1,52	8,80	—	—	Shannon.
Richmond	3	20,11	3,81	21,60	32,6	1895	Thamas.
Glasgow	3	24,4	3,65	26,0	—	1901	Clyde.
Manchester-Kanal	16 17	9,14 3,65—9,14	7,92 3,52	10,20 4,1—10,2	34	1893	—
Германія и Австрія.							
Herbrum *)	6	8,5	2,5	9,1	6,73	1898	Dortmund-Ems- Kanal.
Klein-Machnow *)	4	10	{ 4,0 6,50	10,4	{ 12,4 18,7	1905	Teltow-Kanal.
Berlin *)	18	2,46	3,78	2,34	—	1893	Spree.
Traunfall . . . *)	1	7,06 6,40	1,80 2,20	8,12 7,30	2,1 6,2	1903	Traun.
Швейцарія и Франція.							
Chèvres	6	10	8,50	11,38	50	1894	Rhone.
Hagneck	{ 2 1	10 12	6,50 3,25	10,85 12,85	22 11,5	1899	Aare.
Rheinfelden . . .	{ 3 8	10 22,1	5,0 1,0	10,8 22,58	25 —	1898 1902	Rhein.
Bezau	7	15	6,3	16,1	57,5	1902	Aare.
Albula werk	{ 2 1	8,0 15,0	9,0 5,0	9,0 16,0	—	1909	Albula.
Rheinau	{ 3 4	12,0	{ 7,0 6,2	12,8	43	1908	Rhein.
Wimmis	1	7,0	{ 3,5 3,7	8,5 7,8	10,5 11,5	1908	Simme.
Laufenburg . . .	4	17,3	{ 15,0 13,7	—	—	1908	Rhein.

Наименованіе.	Число.	Пролетъ отверст.	Щ и т ы.			Годъ соору- женія.	Названіе рѣки.
			Высота.	Ширина.	Вѣсъ.		
Augst-Wyhlen . .	10	17,50	9,5	18,7	100	1908	Rhein.
Höngg*)	4	14,5	1,5	14,5	5,6	1904	Limmat.
Baden	3	14	3,15	14,75	16,0	1908	Limmat.
Leuk	3	15	5,6	16,1	—	1908/9	Rhone.
Avignonet	1	10,0	8,0	—	—	1902	Drac.
Tuilliére	1 7	7,0 10,0	} 13	11,1	—	1910	Dordogne.
Азія.							
Periar	1	2,9	3,9	—	—	—	—
Мургабъ	3	6,40	7,5	—	—	—	р. Мургабъ.
Сѣв. Америка.							Saint-Mary's River.
Sault-Ste-Marie	4	14,5	8,15	15,2	—	1902	" " Rapids.
" " "	4	16,0	3,9	16,5	27,0	1902	Chicago-Drainage-
Lockport	15	9,16	6,1	9,58	29,0	1895	Canal.
Buffalo	13	24,35	6,50—8,4	25,2	85,0	1900	Niagara.
Laguna Arizona .	3	10,1	5,5	10,6	—	1908	Colorado.
Minneapolis . . .	3	4,95	5,5	—	—	1906	Mississippi.
Панамскій кан. ^{a)} 6 }	14 8	13,41	5,8	—	—	—	Панамскій каналъ.
Индія.							
Assuan	130 { ¹²⁰ 10	2,00	{ 7,0 3,5	—	—	1902	Nil.
Beheran	1	3,96	8,22	—	—	—	—
Makulpota	3	4,27	4,57	—	—	—	—
Byntola	{ 8 1	4,57 2,9	5,48 3,88	—	—	—	—
Schwebo-Canal	4	—	3,35	12,2	—	1906	Moo-River.
Bangkok	4	—	5,68	6,08	—	1907	—
Assiout	11	5,00	4,87	—	—	1906	Нилъ.

*) Ролики укрѣплены на самихъ щитахъ.

пропуска льда. Опытъ, кромѣ того, показалъ, что устройство такихъ плотинъ вполне допустимо при самыхъ разнообразныхъ условіяхъ, независимо отъ того, чистую ли воду несетъ потокъ или мутную съ пескомъ и камнями.

Вмѣстѣ съ тѣмъ эта система, состоя изъ одного водонепроницаемаго щита, конечно, дастъ и общую водонепроницаемость гораздо большую, чѣмъ системы, состоящія изъ отдѣльныхъ, небольшихъ размѣровъ, щитовъ. Наконецъ, закрытіе однимъ щитомъ отверстія до 26 м. ширины даетъ возможность безпрепятственно проходить потоку и льду, что въ значительной мѣрѣ гарантируетъ отъ образования зажоровъ; кромѣ того, и самые затворы плотины, поднимаясь на достаточную высоту надъ весеннимъ горизонтомъ, не подвергаются тѣмъ вреднымъ вліяніямъ и порчѣ, которыя имѣютъ мѣсто при укладкѣ разборчатыхъ частей на дно.

Но кромѣ высокихъ качествъ плотины Стоней нужно указать и на существенные ея недостатки. Плотины со щитами Стоней имѣютъ поверху мостъ, необходимый для поднятія щитовъ. Это обстоятельство ограничиваетъ въ сильной степени примѣненіе рассматриваемой системы на рѣкахъ судоходныхъ, гдѣ ставится непремѣннымъ условіемъ пропускать суда весной черезъ плотину. Собственно говоря, здѣсь нѣтъ на лицо основного условія для разборчатыхъ плотинъ на судоходныхъ рѣкахъ, заключающагося въ томъ чтобы рѣка по открытіи отверстія плотины могла вновь обратиться въ свое естественное свободное состояніе, позволяющее судоходству пользоваться безпрепятственно всѣмъ русломъ, пока на фарватерѣ существуетъ требуемая осадкою судовъ глубина.

Кромѣ того, щиты имѣютъ слишкомъ точно пригнанные части въ видѣ катковъ, такъ что, если потребуется регулировать потокомъ и зимою, напримѣръ, при исполь-

зованіи гидравлической энергіи, то вопросъ еще, будетъ ли система такихъ шитовъ исправно работать во время морозовъ, которые имѣютъ мѣсто въ нашемъ климатѣ. Въ этомъ отношеніи плотина системы Стоней еще не получила надлежащаго освѣщенія.

Сегментныя плотины.

Стремленіе къ закрытію пролетовъ однимъ затворомъ привело строителей къ мысли примѣнить для подобной цѣли сегментные затворы. Впервые они появились въ 1853 г. на рукавѣ р. Сены по проекту Поаре, а въ настоящемъ видѣ въ 1893 году на югѣ Франціи для защиты канала отъ высокихъ водъ рѣки Lez (рис. 80). Этотъ затворъ состоитъ изъ сектора, вращающагося около оси, на концы которой насажены два круга. Эти круги служатъ для вращенія всего затвора. Секторъ для открытія отверстія поднимается кверху и такимъ образомъ освобождаетъ пролетъ для прохода судовъ (рис. 81). Длина разсматриваемаго затвора 6,6 м., высота 3,60 м. Стоимость опредѣлилась въ 11.000 марокъ.

Неудобство подобнаго затвора для судоходнаго пролета—стѣсненіе габарита судовъ.

Идея такихъ разборчатыхъ частей распространилась и въ Америкѣ; такъ, на примѣръ, при шлюзованіи Fox River были примѣнены щиты, шириною 6 м. и высотой 2,2 м.; на Illinois—Mississippi kanal щитъ такой же ширины, но высотой 3,90 м. Эти щиты деревянные, между каменными опорами. Въ 1894—5 году былъ построенъ въ Берлинѣ затворъ на каналѣ у памятника Вильгельма I. Длина затвора 5,56 м., высота 1,60. Стоимость сооруженія 3.760 марокъ. Другой затворъ, построенный въ Берлинѣ (Muhlgraben), длиною 12 м., высотой 1,87 м., обошелся въ 9.000 марокъ. Въ 1902 году 7 подобныхъ же затворовъ было построено на

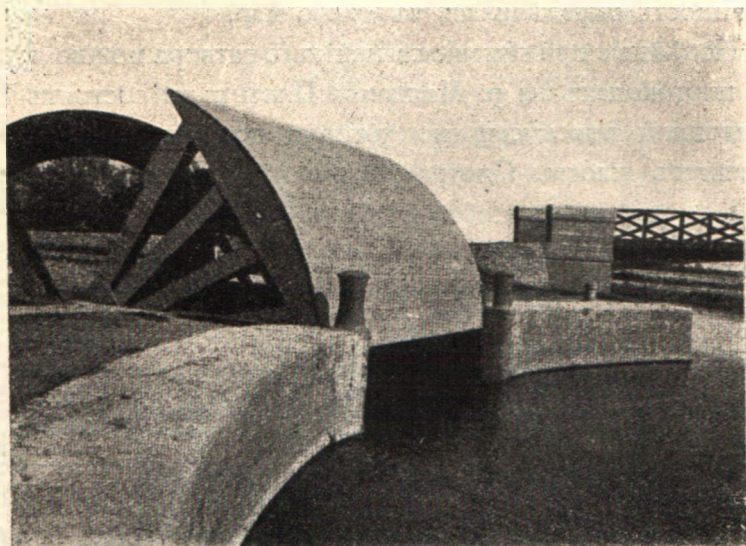


Рис. 80. Сегментный затвор на р. Лез.

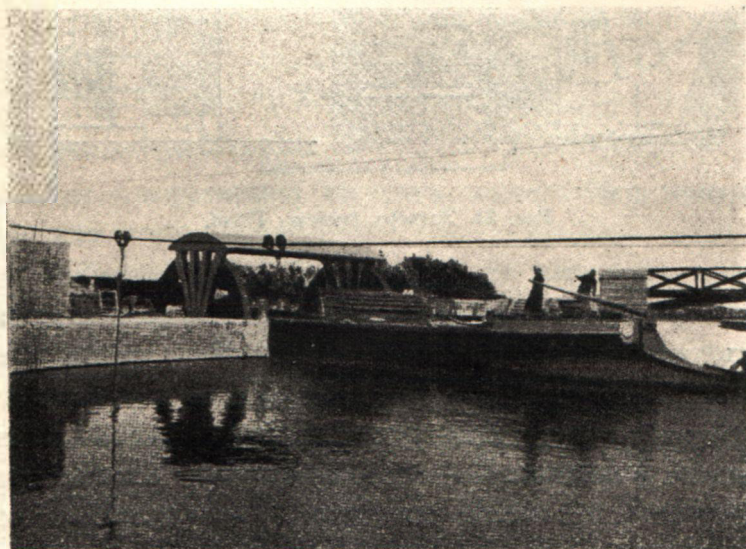


Рис. 81. Сегментный затвор на р. Лез.

Dortmund-Ems kanal'ѣ. Длина его 18 метровъ, высота 3 метр. Стоимость опредѣлилась въ 45.070 мар.

Новѣйшее примѣненіе сегментнаго затвора можно найти въ плотоходахъ на р. Молдавѣ. Плотоходы состоятъ изъ наклонной плоскости, по которой вода верхняго бѣефа увлекаетъ плоты. Смотря по высотѣ перепада на соору-

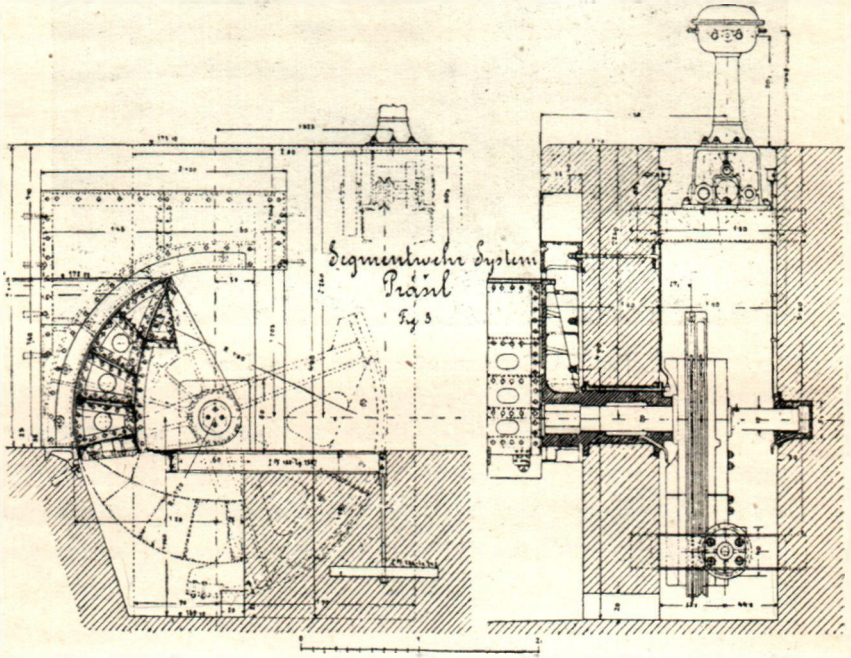


Рис. 82. Затворъ системы Prasil.

женіи плотоходы устроены соответственно разной длины. Такъ, напримѣръ, въ сооруженіи у Тгоја длина всего плотохода 409 м. Полное паденіе при низкой водѣ 4,10 метра, причемъ примѣненъ для затвора сегментъ системы Прашиля (Prasil) (рис. 82), обращенный выпуклою частью къ напору воды. На обоихъ концахъ устроены массивные секторы, оси которыхъ опираются на цапфахъ. Эти оси проходятъ внутрь устоя, гдѣ въ особой камерѣ устроены проти-

вовѣсы. Равнодѣйствующая давленія воды на секторъ прсходитъ черезъ геометрическій центръ сегмента, а, слѣдовательно, и оси, почему для движенія затвора приходится преодолевать лишь треніе въ цапфахъ и небольшую часть собственнаго вѣса сегмента. При открытіи плотохода весь затворъ при помощи цѣпей входитъ въ нишу, пока не откроется все отверстіе; ниша сверху перекрывается листомъ, прикрѣпленнымъ къ консоли ниши. Сектору можно давать нѣкоторый эксцентриситетъ въ оси и такимъ обра-

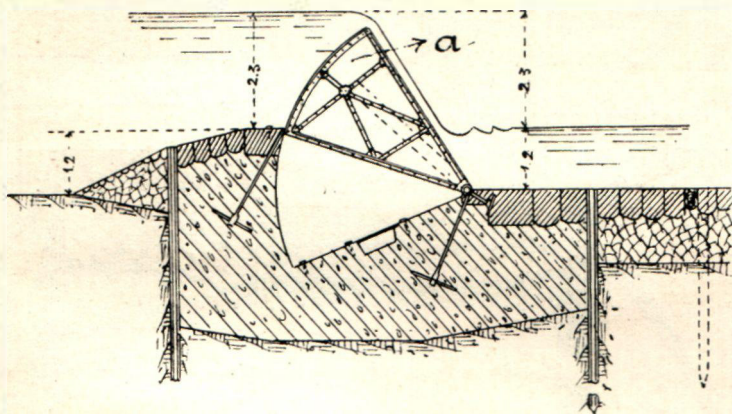


Рис. 83. Затворъ системы Nakotz.

зомъ при поворачиваніи сегментъ можетъ быть прижать къ порогу.

Примѣненіе двухъ подобныхъ же затворовъ можно указать и на р. Saône, гдѣ они устроены въ 1906 и 1909 г. Последній изъ нихъ 7,5 м. ширины и 4 метра высоты; въ плотинѣ 4 такихъ пролета. Секторный затворъ, основанный на принципѣ работы давленія верхняго бьефа, былъ предложенъ Nakotz'омъ (рис. 83). Поднятіе въ обыкновенныхъ случаяхъ производится давленіемъ воды верхняго бьефа, впускаемой въ камеру плотины. При отсутствіи же необходимаго перепада первоначальный подъемъ произво-

дится выкачиваніемъ воздуха изъ особыхъ камеръ разборчатой части. Для уменьшенія глубины ниши Nakotz предлагаетъ устройство особаго затвора изображеннаго на рис. 84-мъ.

Интересный секторный затворъ примѣненъ на плотинѣ р. Везера выше Бремена. Сооруженіе было построено въ 1910 году, такъ какъ ожидали пониженія меженнаго го-

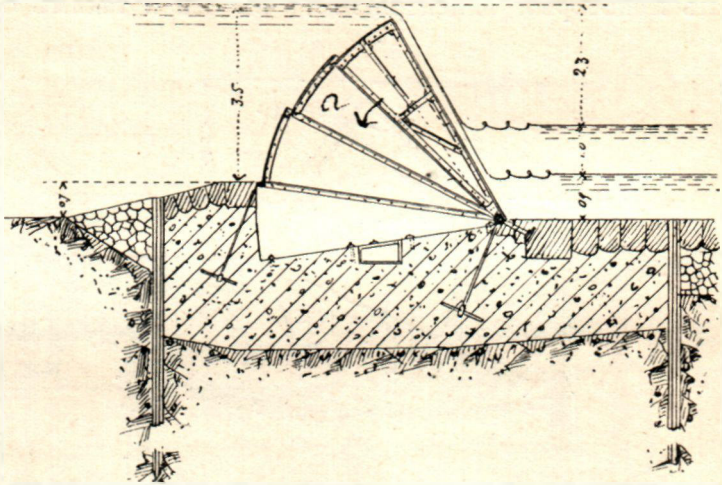


Рис. 84.: Затворъ системы Nakotz.

ризонта въ рѣкѣ и грунтовыхъ водахъ, вслѣдствіе углубленія нижняго Везера. Все сооруженіе состоитъ изъ плотины, рыбохода, шлюза и гидроэлектрической станціи (рис. 85). Плотина состоитъ изъ глухой части, порогъ которой на 1,7 м. выше средняго дна рѣки, и подвижной части высотой въ 4,5 метра. Разборчатая часть плотины имѣетъ два отверстія по 34 метра. Каждое отверстие закрыто однимъ цѣльнымъ секторомъ длиной въ 34 метра и 4,5 м. высотой. Плотина по типу устроенной въ Чикаго. Затворъ приводится въ движеніе посредствомъ подпора. Тѣло разборчатой части вращается около про-

ходящаго по всей длинѣ плотины вала А и при открытіи уходитъ въ камеру (нишу) к. Поверхности а и б имѣютъ обшивку, снизу же секторъ открытъ. Черезъ каналъ В₁ средней опоры вода верхняго бьефа поступаетъ въ камеру К и поднимаетъ затворъ давленіемъ на поверхность сектора а. Камера плотины соединена съ R₁, а въ ней помѣщена труба R₂, въ которой вода устанавливается на той же вы-

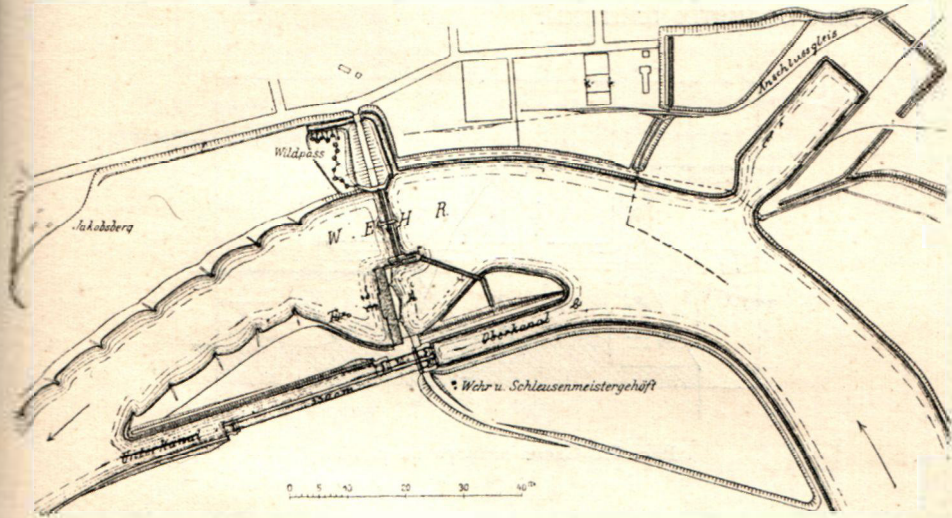


Рис. 85. Планъ расположенія плотины на р. Везерѣ.

сотѣ, какъ и въ камерѣ плотины. Когда горизонтъ въ камерѣ плотины устанавливается выше верха трубы R₂, то вода вытекаетъ по трубѣ R₃ въ нижній бьефъ (рис. 86). Подниманіемъ и опусканіемъ трубы R₂ можно регулировать горизонтъ воды въ секторѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ поднимать и опускать разборчатую часть. Регулированіе затворомъ устроено автоматическое, въ зависимости отъ высоты горизонта верхняго бьефа, посредствомъ поплавка, который включаетъ или выключаетъ электрическій двигатель, поднимающій или опускающій трубу R₂. Такимъ об-

разомъ горизонтъ верхняго бьефа регулируетъ самъ высоту своего стоянія. Для уменьшенія образованія льда въ камерѣ устроены особые согрѣвательные аппараты. Попадающіе въ камеру грязь и песокъ удаляются въ нижній бьефъ сильной промывкой. Тѣло плотины можно закрѣпить въ его наивысшемъ положеніи выдвиганіемъ засосовъ съ устоевъ и выкачать насосомъ воду изъ ниши. Этотъ же насосъ можетъ служить въ случаѣ надобности и для поднятія плотины.

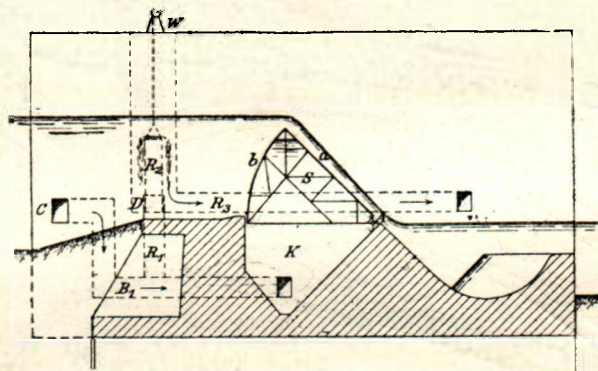


Рис. 86. Схема затвора на р. Везерѣ.

Къ числу сегментныхъ плотинъ можно отнести еще нѣкоторые проекты затворовъ, основанные на интересныхъ принципахъ. Въ 1906 году былъ объявленъ конкурсъ въ Австріи на разборчатые плотины, среди которыхъ былъ премированъ проектъ подъ девизомъ «Segment» (рис. 87). Отверстіе плотины закрывается треугольнаго сѣченія затворомъ въ видѣ сегмента, на концахъ котораго имѣются секторы съ противовѣсами. Выше треугольнаго затвора имѣется еще откидное окно отчасти для регулированія подпорнаго горизонта, отчасти для пропуска мелкаго льда при закрытой плотинѣ. Къ верхнему и нижнему концу секторовъ прикрѣплены цѣпи, посредствомъ которыхъ можно открывать или опускать затворъ (рис. 88).

Для вращенія лебедки требуется два человека, при чемъ для опусканія окна и поднятiя затвора надо 2½ часа, а для установки затвора при открытомъ окнѣ 20 минутъ.

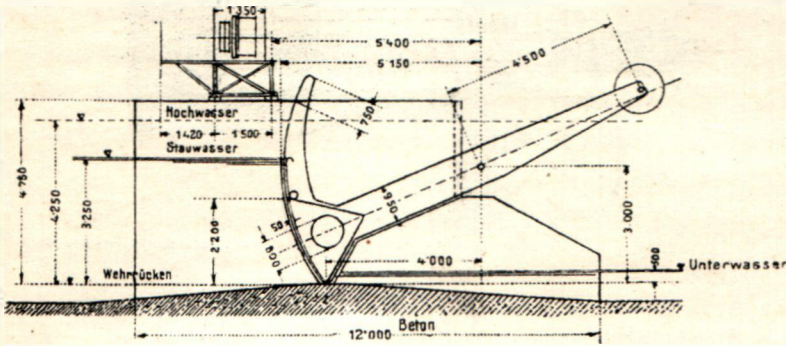


Рис. 87. Затворъ „Segment“.

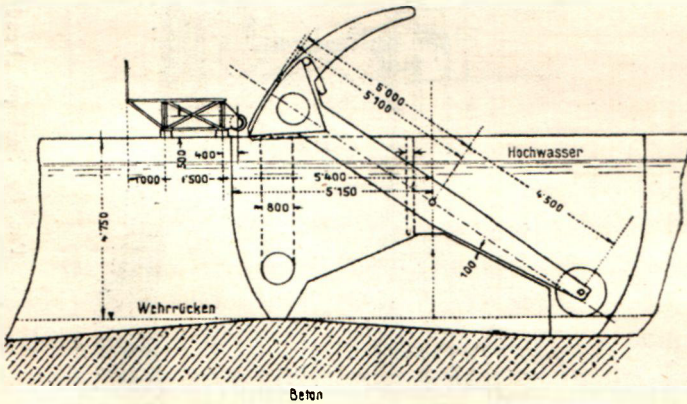


Рис. 88. Затворъ „Segment“.

Главные достоинства плотины предполагаются въ слѣдующемъ: а) безпрепятственный пропускъ наносовъ, б) облегченіе пропуска льда черезъ окно, с) легкое поднятіе плотины, благодаря уравнированности, д) большая сопротивляемость ударамъ льда и удобный пропускъ его.

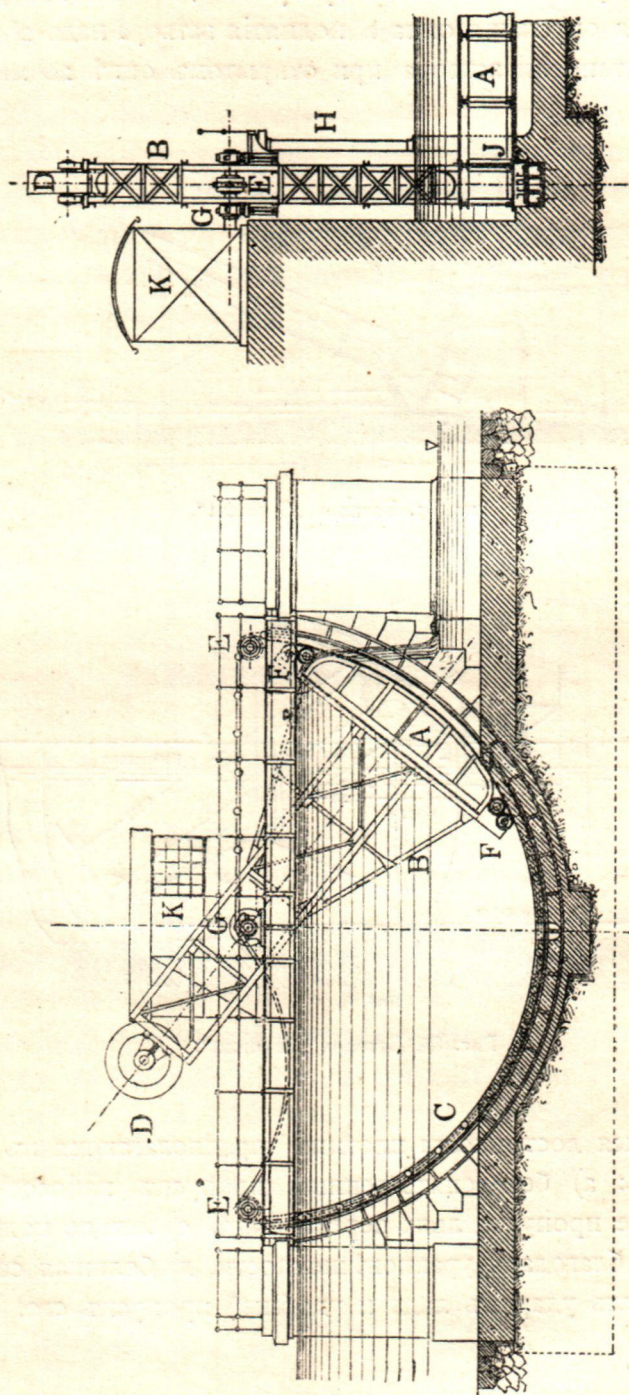


Рис. 89. Затворъ „Pendelwehrl“.

Стоимость плотины по этому проекту въ 15 м. отверстія исчислена въ 46.119 кронъ, стоимость ремонта 2.200 кронъ и эксплуатаціи 2.600 кронъ.

Укажемъ еще на проектъ плотины «Pendelwehr». Затворъ спроектированъ въ видѣ желѣзнаго ящика, по краямъ котораго устроены жесткія рамы съ противовѣсами (рис. 89). Корпусъ затвора ложится во впадину, идущую вдоль

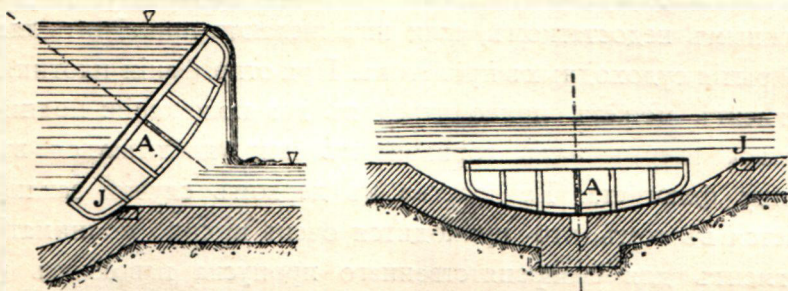


Рис. 90. Разрѣзы къ затвору „Pendelwehr“.

всего флютбета. Движеніе производится цѣпями Галля съ электрической установкой. Грязь стекаетъ по канавкѣ, проходящей по низу углубленія (рис. 90). По краямъ затвора для облегченія движенія имѣются ролики.

Вышеуказанная плотина имѣетъ достоинства, общія со всѣми плотинами этого типа, и, кромѣ того, плотность затвора и быстроту подъема.

Какъ уже указывалось выше, сегментныя и секторныя плотины имѣютъ большое преимущество въ отношеніи передачи усилій отъ давленія воды. Дѣло въ томъ, что давленіе воды перпендикулярно къ поверхности затвора, почему при круговомъ очертаніи плотины равнодѣйствующая должна проходить черезъ центръ вращенія; вслѣдствіе этого при подъемѣ плотины приходится преодолевать лишь только треніе въ цапфахъ и небольшую часть соб-

ственного вѣса, такъ какъ большая часть послѣдняго можетъ быть уравновѣшена противовѣсами.

Кромѣ того, самый характеръ движенія поверхности затвора, облегчаетъ подъемъ плотины какъ въ стоячей, такъ и въ текучей водѣ и въ особенности при заторахъ льда у плотины. Этимъ объясняется и то обстоятельство, что сопротивленіе подъему такихъ щитовъ очень мало возрастаетъ съ увеличеніемъ подпора.

Однако, подобнаго рода плотины обладаютъ очень важнымъ недостаткомъ, если ихъ желаютъ примѣнить для закрытія судоходныхъ пролетовъ. При открываніи плотины сегментъ можетъ приводиться въ два положенія: подниматься вверхъ надъ горизонтомъ или укладываться въ нишу флютбета. Неудобство въ первомъ случаѣ заключается въ томъ, что приходится очень высоко поднимать сегментъ для безпрепятственного пропуска паводковъ и весеннихъ водъ, а также для прохода судовъ *).

Во второмъ случаѣ, когда при открытіи плотины сегментъ прячется въ нишу, приходится устраивать довольно высокій флютбетъ, чѣмъ значительно сокращается періодъ пользованія свободной рѣкою.

Однако, принимая во вниманіе, что затворы Дефон-тена, которые, обладаютъ собственно тѣми же недостатками, нашли примѣненіе и для судоходныхъ пролетовъ, есть основаніе предполагать, что и сегментные затворы могутъ получить примѣненіе для перекрытія судоходныхъ пролетовъ.

*) Примѣненіе сегментнаго затвора на скрещеніи канала съ р. Lez объясняется именно не желаніемъ пропускать въ каналъ весеннія воды и паводки, почему и нѣтъ необходимости высоко поднимать сегментъ при довольно опредѣленныхъ горизонтахъ.

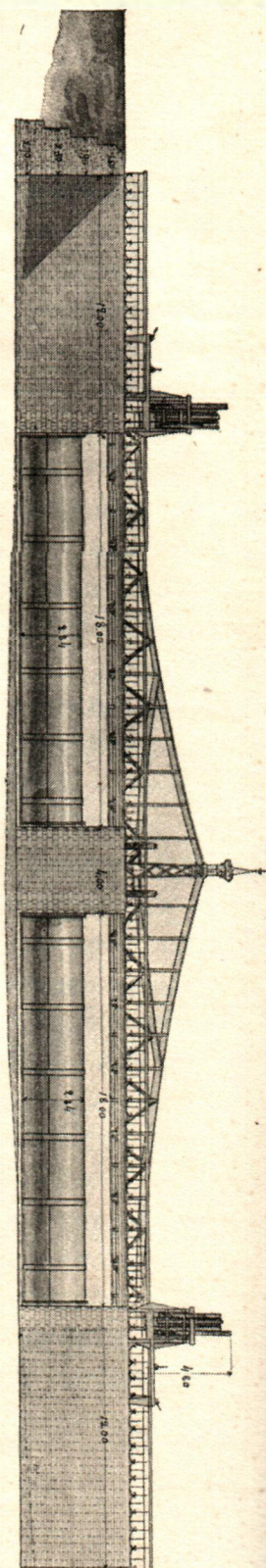


Рис. 91.

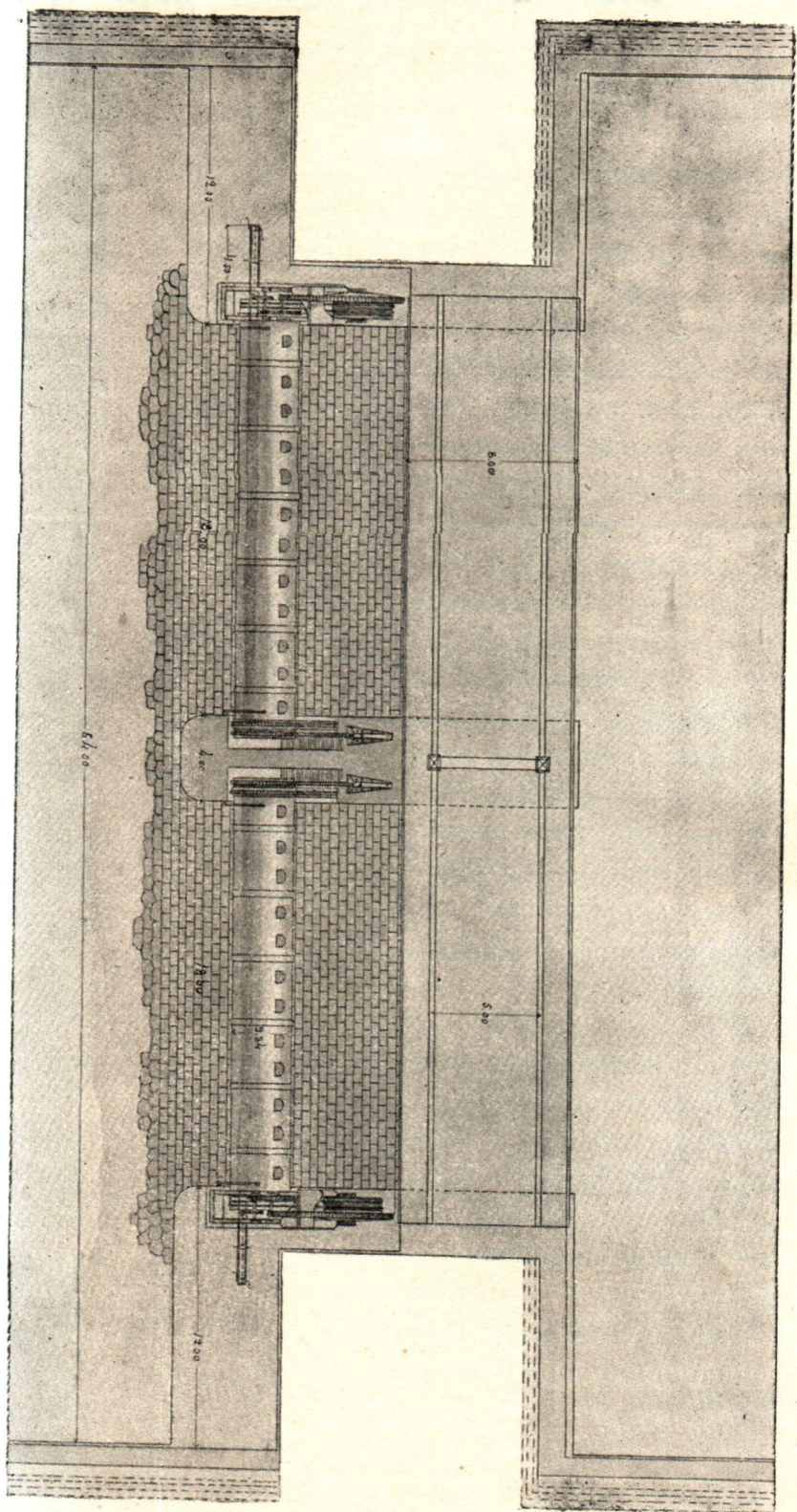


Рис. 92.

Цилиндрическія плотины.

Дальнѣйшее развитіе идеи сегментныхъ и секторныхъ плотинъ привело строителей къ изобрѣтенію новой системы затворовъ, получившихъ названіе «цилиндрическихъ». Первый опытъ такихъ плотинъ былъ произведенъ въ 1902 и 1903 гг. на р. Майнѣ у Швейнфурта. Одна плотина построена на главномъ рукавѣ р. Майна и перекрываетъ пролетъ въ 35 м. при діаметрѣ цилиндра въ 2 м., а другая на боковомъ рукавѣ съ пролетомъ 18 м. и высотѣ подпорнаго горизонта надъ порогомъ 4,14 м. и перепадѣ 3,60 м.

Идея подобныхъ плотинъ заключается въ слѣдующемъ. Затворъ состоитъ изъ полого клепаннаго цилиндра, для жесткости котораго приклепаны продольныя U—образныя балки, распертыя системой уголковъ. По длинѣ цилиндровъ имѣются водоспускныя окна на такой высотѣ, что вода можетъ проникнуть въ цилиндры и увеличить вѣсъ ихъ въ то время, когда ихъ собственный вѣсъ становится недостаточнымъ, чтобы сопротивляться оказываемому на нихъ давленію воды снизу (рис. 91 и 92). Цилиндръ при открытіи плотины можетъ быть поднять на ту или другую высоту при помощи лебедокъ по наклоннымъ зубчатымъ кремальерамъ, устроеннымъ въ устояхъ и быкахъ плотины. Во избѣжаніе фильтраціи на концахъ цилиндровъ устроены плоскіе пояса, изъ просмоленной пеньки или кокосовыхъ волоконъ. Благодаря собственному вѣсу цилиндра, онъ прижимается этими поясами къ внутреннимъ стѣнкамъ нишъ устоевъ, такъ что получается почти полная водонепроницаемость. Для поднятія цилиндра служатъ два троса, навитые на одинъ барабанъ, который приводится въ движеніе лебедкою такъ, что поднятіе каждаго цилиндра производится только съ одного конца. Оба конца

цилиндра снабжены насаженными на нихъ зубчатыми колесами, которыя катятся при поднятіи затвора по зубчатымъ кремальерамъ, укрѣпленнымъ по наклонной поверхности нишъ устоевъ. Такъ какъ свободный конецъ цилиндра (безъ подъемнаго механизма) можетъ сосколь-

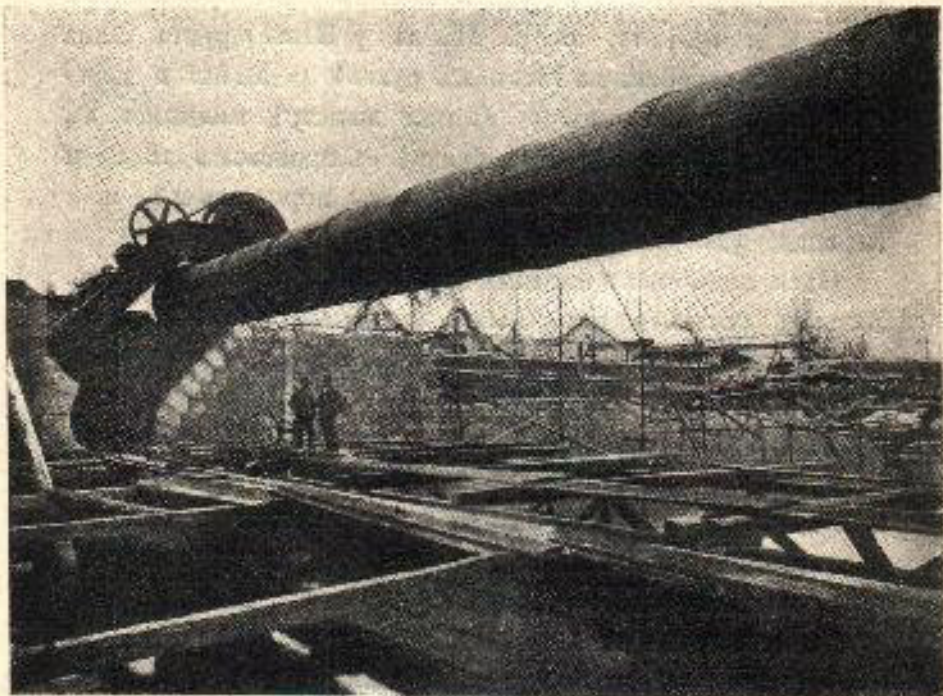


Рис. 93. Цилиндрическая плотина въ Швейнфуртѣ.

знуть съ зубцовъ кремальеры, то онъ поддерживается цѣпью Галля, навивающейся на него по мѣрѣ его поднятія, и, такимъ образомъ, цилиндръ сохраняетъ свое нормальное положеніе.

Плотина въ Швейнфуртѣ (рис. 93) обнаружила способность выдерживать навалку на нее льда. Такъ, въ 1903 году въ декабрѣ ночью ледъ навалилъ на плотину, образо-

валъ зажоръ и сталъ переходить черезъ плотину. Цилиндръ былъ все-таки поднять, при чемъ зажоръ былъ настолько великъ, что даже при образованіи щели въ 30 см. не проходило совсѣмъ воды.

Открытіе плотины, 18 м. длиною и при цилиндрѣ діаметромъ 4 м., требуетъ 3 часа при работѣ 12 человѣкъ.

Плотина пролетомъ 35 м. и 2 м. высоты и при моторѣ въ 18 HP поднимается надъ горизонтомъ весеннихъ водъ въ $\frac{1}{4}$ часа времени.

Первый опытъ примѣненія цилиндрическихъ плотинъ, такимъ образомъ, далъ достаточно удовлетворительные результаты, и со времени указанной постройки уже исполнено около 30 подобныхъ сооружений, при чемъ постепенно вводились нѣкоторыя измѣненія, улучшающія конструкцію плотинъ.

Въ 1904—6 году для увеличенія водной площади лѣсной гавани была устроена цилиндрическая плотина на р. Brahe у впаденія ея въ р. Вислу. Подпорный горизонтъ возвышается надъ порогомъ флютбета на 2,5 метра, почему діаметръ барабана принятъ въ 2,5 метр., пролетъ же плотины 22 метра. У плотины на р. Brahe вмѣсто проволочныхъ канатовъ, которые приняты на сооруженіи Швейнфурта, для подъема цилиндра примѣнены шарнирные цѣпи, такъ какъ при этомъ получается болѣе выгодная передача (уменьшается діаметръ барабана). Обыкновенныя цѣпи Галля оказались малопригодными для этой цѣли, такъ какъ размѣры этихъ цѣпей рассчитываются обыкновенно въ предположеніи, что грузъ воспринимается нѣсколькими звеньями. Въ дѣйствительности же, вслѣдствіе вытягиванія цѣпи и изнашиванья зубьевъ, все усиліе передается одному звену, и качества цѣпи еще болѣе ухудшаются отъ перенапряженій. На основаніи вышеизложеннаго примѣнили цѣпь, сконструированную нѣсколько иначе.

Болты обыкновенной цѣпи Галля прилегаютъ къ колесу

лишь по срединѣ, въ новой же цѣпи болты продолжены за звенья, такъ что соприкосновеніе съ зубьями кремальеры происходитъ еще краями болта, что, конечно, уменьшаетъ работу послѣднихъ на изгибъ, и получается возможность рассчитать цѣпь въ предположеніи передачи усилія лишь на одно звено. Кромѣ того, пластинки цѣпи разъединены другъ отъ друга мѣдными шайбами, чѣмъ устраняется ржавленіе звеньевъ, и увеличивается шарнирность цѣпи.

Плотина допускаетъ очень точную регулировку подпорнаго горизонта, такъ какъ длина цѣпи вдвое болѣе передвиженія цилиндра и при поднятіи на 1 см. цилиндра требуется около 14 оборотовъ мотора, что даетъ возможность имѣть въ машинномъ зданіи указатель и, кромѣ того, снабдить звенья особенными замѣтками, по положенію которыхъ можно знать о полученной между цилиндромъ и флютбетомъ щели.

Для гидравлическихъ установокъ необходимо регулированіе подпора и въ теченіе зимы, почему важно знать вліяніе мороза на работу плотины. Плотинѣ на р. Brahe пришлось выдержать довольно суровую зиму въ 1906—7 году. Подпертая рѣка была покрыта льдомъ съ середины декабря до начала марта *). Толщина льда на стрежнѣ рѣки была 0,25 м. и увеличивалась къ берегамъ до 0,50 м. Но и при значительныхъ морозахъ не трудно было держать плотину и ближайшее къ ней пространство воды свободными отъ льда, оставляя зазоръ отъ 0,04—0,08 м. подъ плотиной. Закрытіе на ночь зазора способствовало образованію большой коры, которую однако легко было уничтожать сравнительно небольшимъ подъемомъ цилиндра.

Вѣсъ цилиндра 40 тоннъ, а приспособленій 12 тоннъ; стоимость опредѣлилась—цилиндра 23.000 марокъ, приспособленій 12.000 марокъ.

*) Значительное охлажденіе воды здѣсь отчасти ослабляется спускомъ теплой воды установокъ въ гавани.

собленій—9.000 марокъ, что составляетъ 582 марокъ на кв. метръ затвора.

Въ 1904—5 году цилиндрическій затворъ былъ построенъ на р. Mangfall въ верхней Баваріи у м. Kolbenmoor. Плотина состоитъ изъ глухой части шириною въ 20 м. и подвижной—шириною въ 30 м. Діаметръ цилиндра 1,8 метра. Особенность этой плотины представляютъ приспособленія для водонепроницаемости, которыя состоятъ не только изъ просмоленныхъ поясовъ, но изъ точно пригнанныхъ приболченныхъ къ цилиндру деревянныхъ брусковъ, обитыхъ этими поясами. Это заполненіе работаетъ очень хорошо, такъ какъ здѣсь нѣтъ ни льда, ни плавающего сора. Плотина обладала только тѣмъ недостаткомъ, что послѣ прохода паводковъ на флютбетѣ оставался гравій, и цилиндръ не могъ дойти до своего наинисшаго положенія. Но это неудобство было устранено, благодаря приспособленію цилиндра къ медленному опусканію; тогда гравій смывался дѣйствіемъ струи воды.

Въ 1905—6 году были построены того же типа плотины на р. Бодѣ у гор. Nienburg и у м. Neugattersleben. Первая имѣетъ два пролета по 10 м. и подпоръ 2,65 м., вторая же одно отверстіе въ 17,5 м., съ подпоромъ въ 2,95 м. Въ общемъ конструкція ихъ мало чѣмъ отличается отъ описанныхъ выше сооружений. Приспособленіе для уничтоженія боковыхъ зазоровъ состоитъ изъ тонкихъ металлических листовъ, прикрѣпленныхъ по краямъ цилиндра. Свободные края листовъ окаймлены деревянными брусками, которые давленіемъ воды прижимаются къ устоямъ. Выгода такого приспособленія заключается въ томъ, что зазоры не открываются до опредѣленной высоты поднятія цилиндра, почему всякія плавающія тѣла и ледъ не могутъ попасть въ ниши устоевъ.

Такого же рода плотина построена въ 1909 году и на р. Neckar у мѣстечка Poppenweiler нѣсколько ниже

Ludwigsburg'a для снабженія гидроэлектрической энергiей г. Stuttgart'a. Плотина имѣетъ два отверстія по 28 метр.; высота затвора 3,3 м., при діаметрѣ цилиндра 3,0 м., а для повышенія подпорнаго горизонта еще на 0,3 м. на вершинѣ



Рис. 94. Видъ средняго устоя плотины на р. Неккаг.

цилиндра прикрѣпленъ брусъ (рис. 94). Плотность затвора достигается такимъ же образомъ, какъ описано выше. Для цѣпи взять 8-кратный запасъ прочности, чѣмъ обеспечивается возможность безопасно натягивать ее въ случаѣ попа-

данія небольшихъ камней и въ особенности образованія льда, который отпадаетъ при натягиваніи послѣдней. Здѣсь введено еще одно полезное усовершенствованіе, заключающееся въ томъ, что подъемные механизмы, расположенные на среднемъ быкѣ, могутъ при порчѣ одного замѣняться другимъ. Сила моторовъ 10PS. Для поднятія цилиндра на 7,84 м. что дастъ возвышеніе его надъ горизонтомъ высокихъ водъ на 0,6 м., требуется $\frac{3}{4}$ часа. При устройствѣ плотины фирма принимала гарантію, что проходъ воды черезъ неплотность швовъ будетъ достигать 30 литр./сек. Для опредѣленія водонепроницаемости заставляли воду проходить по водосливному лотку, при чемъ оказалось, что расходъ составлялъ на каждый пролетъ 5 литр./сек.; но вслѣдствіе водопроницаемости самого устройства, примѣннаго при опредѣленіи расхода, приняты на два отверстія потери черезъ неплотность затвора въ 15 литр./сек.

Одна изъ новѣйшихъ цилиндрическихъ плотинъ построена въ Trollhättan въ Швеціи на р. Гота, вытекающей изъ озера Венерна. Рѣка здѣсь образуетъ рядъ водопадовъ общей высотой паденія въ 33 м. Сооруженіе имѣетъ цѣлью использование гидравлической силы рѣки. Плотина состоитъ изъ 4-хъ отверстій съ порогомъ, заложеннымъ на 4,40 м. ниже уровня высокихъ водъ. Два среднихъ отверстія закрыты цилиндрическими затворами пролетомъ въ 20 метр. діаметромъ 3,6 метра.

Выборъ этой системы былъ вызванъ необходимостью устроить широкія отверстія для прохода льда и, кромѣ того,—желаніемъ достичь наименьшей потери воды.

Обладатель патента на устройство цилиндрическихъ плотинъ Аугсбургскій машинный заводъ и Нюрнбергское машиностроительное общество предложили примѣнять смѣшанный типъ плотинъ, устраивая цилиндръ лишь такого діаметра, чтобы удовлетворить условіямъ жесткости; затворъ же дѣлать въ видѣ сектора, прикрѣпленнаго къ цилиндру.

На опорахъ діаметръ цилиндра становится равнымъ такому сектору для увеличенія скорости поднятія. Такимъ устройствомъ достигается довольно значительное сокращеніе вѣса разборчатой части плотины (рис. 95).

Цилиндрическія плотины являются очень удобной и хорошей конструкціей для сооружений, преслѣдующихъ использование гидравлической энергіи рѣчного потока. Что же касается до примѣненія ея на судоходныхъ рѣкахъ, то она, подобно плотинѣ системы Стоinea не имѣетъ главнаго достоинства разборчатыхъ системъ оставлять рѣку свободною, когда на ней вездѣ имѣется достаточная для судоходства

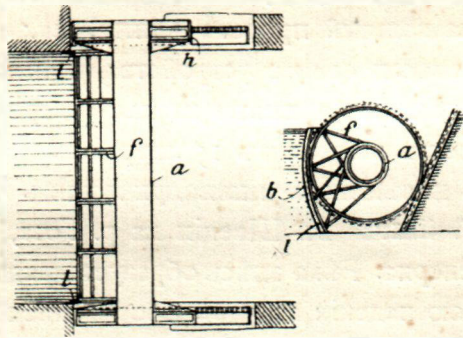


Рис. 95. Облегченный типъ цилиндрической плотины.

глубина. При гидроэлектрическихъ же установкахъ, когда регулированіе расходами приходится вести и зимою, цилиндрическая плотина является одною изъ наиболее цѣлесообразныхъ конструкцій. Во-первыхъ она перекрываетъ сразу большіе пролеты около 30 метровъ, позволяющіе свободно проходить льду; во-вторыхъ, такъ какъ протеканіе воды при этихъ затворахъ происходитъ на нѣкоторой глубинѣ отъ подпорнаго горизонта, то быстрое пониженіе его происходитъ лишь около самой плотины, гдѣ ледъ долженъ быть околотъ; отсутствіе же быстрого пониженія подпорнаго горизонта выше плотины предохраняетъ отчасти появленіе

несвоевременной подвижки льда, такъ какъ не образуется такой сильной поверхностной скорости, какъ въ обыкновенныхъ водосливныхъ плотинахъ; въ третьихъ, если даже и происходитъ навалка льда, то, вслѣдствіе касательнаго ко льду движенія затвора, можно рассчитывать на болѣе легкое ея открытіе, чѣмъ другой какой-либо плотины. Слѣдуетъ, однако, имѣть въ виду, что подобныя плотины еще не примѣнялись на многоводныхъ рѣкахъ съ большимъ ледоходомъ, почему не представляется пока возможнымъ притти къ какому-либо окончательному выводу о ихъ службѣ.

Для рѣкъ, влекущихъ гравій и песокъ, эти плотины удобны тѣмъ, что при медленномъ опусканіи затворовъ образуется такое сильное теченіе, что флютбетъ совершенно очищается отъ наносовъ.

Наконецъ, къ достоинству цилиндрическихъ плотинъ можно отнести точное регулированіе подпорнаго горизонта, что особенно важно для рѣкъ съ сильными паводками и неравномѣрными колебаніями расходовъ воды.

Во всякомъ случаѣ, быстрое распространеніе этого рода плотинъ служить лучшимъ доказательствомъ ихъ цѣлесообразности.

Однако, плотины цилиндрическія обладаютъ тѣмъ недостаткомъ, что вслѣдствіе необходимости поднимать цилиндръ на 0,5—1 метра надъ горизонтомъ весеннихъ водъ, приходится возводить довольно высокія опоры; это обстоятельство значительно удорожаетъ конструкцію. Да и самъ цилиндръ для жесткости приходится устраивать гораздо болѣе прочнымъ, чѣмъ требуетъ того расчетъ, чтобы не происходило деформанціи подъ вліяніемъ случайныхъ ударовъ.

Интересный случай для сравненія сегментнаго затвора съ цилиндрической плотиной представился на Landwehr kanal'ѣ въ Берлинѣ.

Плотина имѣетъ два отверстія по 5,56 м. въ свѣту, раздѣленныхъ каменной опорой. Возвышеніе подпорнаго горизонта надъ флютбетомъ 1,58 метра. Одинъ пролетъ закрыть цилиндрическимъ затворомъ діаметра 1,13 м. Полная длина цилиндра 6,64 м. Другой пролетъ закрыть сегментнымъ затворомъ, состоящимъ изъ двухъ щитовъ, перекрывающихъ другъ друга на 4 см. Радиусъ поверхности сегмента 1,90 м., высота 1,58 м. Цапфы лежатъ на балкахъ, образующихъ мостъ надъ подпорнымъ горизонтомъ. Подъемъ производится цѣпью, перекинутой на мосту черезъ 2 блока къ лебедкѣ.

Собственный вѣсъ сегментныхъ щитовъ.		Цилиндрическаго затвора.	
2 щита	2.400 клгр.	цилиндръ	5.580 клгр.
мостикъ	2.403 »	лебедка	801 »
лебедка	410 »	зубчатка	546 »
<hr/>		<hr/>	
5.213 клгр.		6.927 клгр.	

Стоимость первыхъ 3.760 марокъ, а второго—5.933 марки.

Плотность того и другого затвора почти одинакова. Время полного поднятія цилиндра 36 минутъ, каждаго же сегмента около $8\frac{1}{3}$ мин., т. е. на весь сегментный затворъ требуется около 17 минутъ. Противовѣсовъ у сегментовъ нѣтъ для достиженія наибольшей плотности затвора. Однако, вышеуказанное соотношеніе цѣнъ зависитъ отъ величины пролета и подпора; съ увеличеніемъ послѣднихъ стоимость сегментнаго затвора возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ цилиндрическаго, почему примѣненіе послѣдняго затвора при сравнительно большихъ пролетахъ и подпорахъ экономичнѣе сегментнаго.

Краткій перечень исполненных въ настоящее время
цилиндрическихъ плотинъ.

НА ИМЕНОВАНИЕ.	Число.	Пролетъ.	Цилиндровъ.			Примѣчанія.
			Вы- сота.	Дли- на.	Вѣсъ.	
Германія.						
Schweinfurt, Main	1	18,0	4,14	20,40	72,6	
„ „	1	35,0	2,00	37,65	87,7	
Untere Freiarche, Berlin	1	5,56	1,60	6,64	5,6	
Kolbermoor „Mangfall“	1	30,0	1,80	31,81	39,0	
y Bromberg'a, Brahe	1	22,0	2,50	23,96	40,0	
Kissingen „Saale“	1	10,0	2,65	11,08	10,2	
Nienburg y Магдебурга	2	10,0	2,65	11,35	12,0	
„Bode“ y „ „	1	17,5	2,95	19,19	24,4	
Neckar	2	28,0	3,60	29,86	67,0	
Alz	1	15,0	3,00	—	—	
Alb	1	10,5	1,62	—	—	
Werra	1	28,00	2,00	—	—	
Fuhse	1	15,00	2,30	—	—	
„Bode“ Lödcrburg	1	13,57	2,22	—	—	
Rodad	1	12,00	1,70	—	—	
Neckar	2	26,5	2,15	—	—	
Saalach	1	13,6	8,50	—	—	
„Bode“ Bleckendorf	2	9,00	2,50	—	—	
Fulda	2	24,3	4,80	—	—	
Lech	1	20,0	2,40	—	—	

НА ИМЕНОВАНИЕ.	Число.	Пролетъ.	Цилиндровъ.			Примѣчанія.
			Вы-сота.	Дли-на.	Вѣсъ.	
Австрія.						
Troubek „Becwa“	1	10	1,75	11,45	11,8	
Landeck „Trisanna“	1	14,00	1,10	—	—	
Швейцарія.						
Schönenwerd „Aare“	1	17,0	2,0	18,2	20,6	
Франція.						
St. Michel „Are“	1	30,0	3,00	33,00	62,0	
Италія.						
Verona „Etsch“	1	12,0	3,40	14,43	27,0	
Osimo „Potenza“	1	10,00	0,80	—	—	
Финляндія.						
Ensokoski „Wuochson“	2	18,0	3,50	19,74	45,1	
Vokia „Kurnoälf“	2	23,3	2,09	—	—	
	1	21,0	2,60	—	—	
	1	7,0	2,60	—	—	
Швеція.						
Trollhättan „Göta“	2	20,00	3,60	21,80	55,7	
Dejefors „Klarelfven“	2	32,00	3,50	34,30	90	
Lilla Edet „Göta“	2	22,00	3,80	—	—	
Porjus „Lule Elf“	1	12,00	3,50	—	—	
Америка.						
Torreón } Mexico	2	17,00	2,5	18,35	—	
Trasquila }	2	24,5	3,60	—	—	
Spokane Сѣв. Ам.	2	30,5	5,80	—	—	

Нѣкоторые типы водосливныхъ разборчатыхъ плотинъ.

Кромѣ описанныхъ выше наиболѣе распространенныхъ разборчатыхъ плотинъ, встрѣчается очень много другихъ разнообразныхъ типовъ затворовъ, представляющихъ различныя попытки простѣйшаго разрѣшенія преслѣдуемой ими задачи автоматически регулировать подпорный горизонтъ. Мы упомянемъ лишь о тѣхъ изъ нихъ, которыя заслуживаютъ нѣкотораго вниманія.

Въ Округѣ Bombay примѣнена для ирригаціонныхъ цѣлей довольно остроумная конструкція. Разборчатая часть плотины представляетъ изъ себя щитъ, вращающійся около горизонтальной оси; послѣдняя расположена на $\frac{1}{3}$ высоты, такъ что щитъ уравновѣшенъ при полномъ напорѣ воды. Высота щита 2,75 м. При толщинѣ переливающегося слоя въ 0,095 м. щитъ, переворачиваясь, падаетъ на упругій маятникъ и приходитъ въ равновѣсіе. Наоборотъ, при паденіи горизонта ниже нормальнаго на 0,127 м. щитъ возвращается въ первоначальное свое положеніе. Такимъ образомъ, достигается колебаніе подпорнаго горизонта лишь на высоту, равную 8% отъ нормальнаго подпора.

На нижнемъ Gasauser для электрической установки Stern & Hafferl A. G. устроена довольно своеобразная водосливная разборчатая часть плотины (рис. 96), удовлетворяющая двумъ условіямъ: а) быстро освобождать протѣкъ при повышеніи подпорнаго горизонта, б) подниматься, какъ только уровень воды начнетъ понижаться до опредѣленнаго заранее горизонта.

Затворъ плотины состоитъ изъ щита въ 10 м. ширины, вращающагося около горизонтальной оси; щитъ уравновѣшенъ посредствомъ рычаговъ и цѣпи противовѣсомъ. Если горизонтъ повышается, то моментъ отъ давленія на щитъ увеличивается, и плотина открывается, вращаясь около шар-

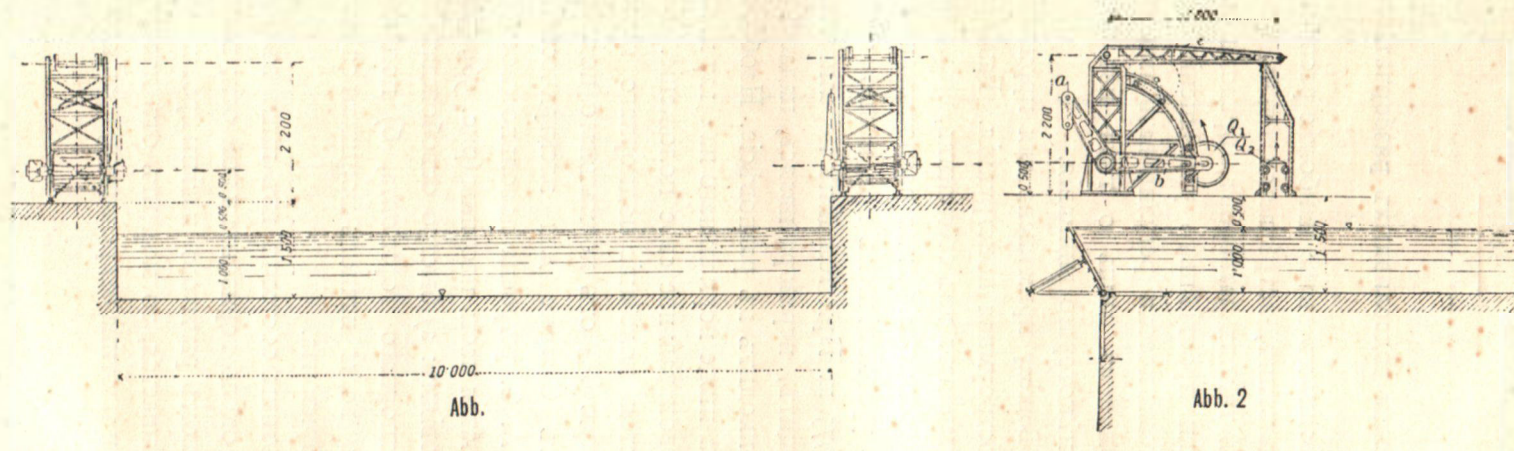


Рис. 96. Затворъ плотины на Gasauses.

нира; моментъ давленія воды при отклоненіи щита все возрастаетъ, а противовѣса уменьшается, почему щитъ можетъ подняться лишь при сравнительно большомъ пониженіи горизонта. Для уменьшенія необходимаго для поднятія щита пониженія горизонта, къ грузу противовѣса Q_1 прибавляется еще грузъ Q_2 , который и уравниваетъ щитъ въ его крайнемъ положеніи. Когда горизонтъ воды понизится на опредѣленную высоту, то моментъ около шарнира отъ противовѣса будетъ превосходить таковой отъ давленія воды, и щитъ придетъ въ первоначальное поло-

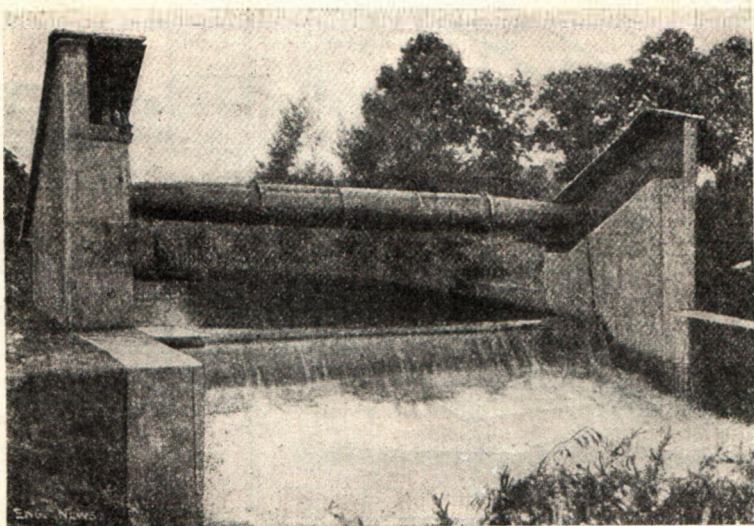


Рис. 97. Автоматическій затворъ на р. Grafenauer Ohe въ Баваріи.

женіе. Извѣстный подборъ вѣсовъ противовѣсовъ Q_1 и Q_2 —опредѣляется расчетомъ. Одно изъ главныхъ преимуществъ этой системы разборчатаго водослива заключается въ томъ, что всѣ механизмы просты, и находятся выше горизонта высокихъ водъ.

На такомъ же, приблизительно, принципѣ основано устройство автоматической плотины на р. Grafenauer Ohe въ Баваріи (рис. 97). Щитъ укрѣпленъ на шарнирѣ въ

флютбетъ; другой конецъ щита посредствомъ троссовъ соединенъ съ цилиндромъ, способнымъ катиться по кремальерамъ въ нишахъ устоевъ такимъ образомъ, что при каждомъ положеніи щита вращающій моментъ его около шарнира уравновѣшенъ стремленіемъ цилиндра вернуться въ наинизшее положеніе (рис. 98). Вслѣдствіе этого, при по-

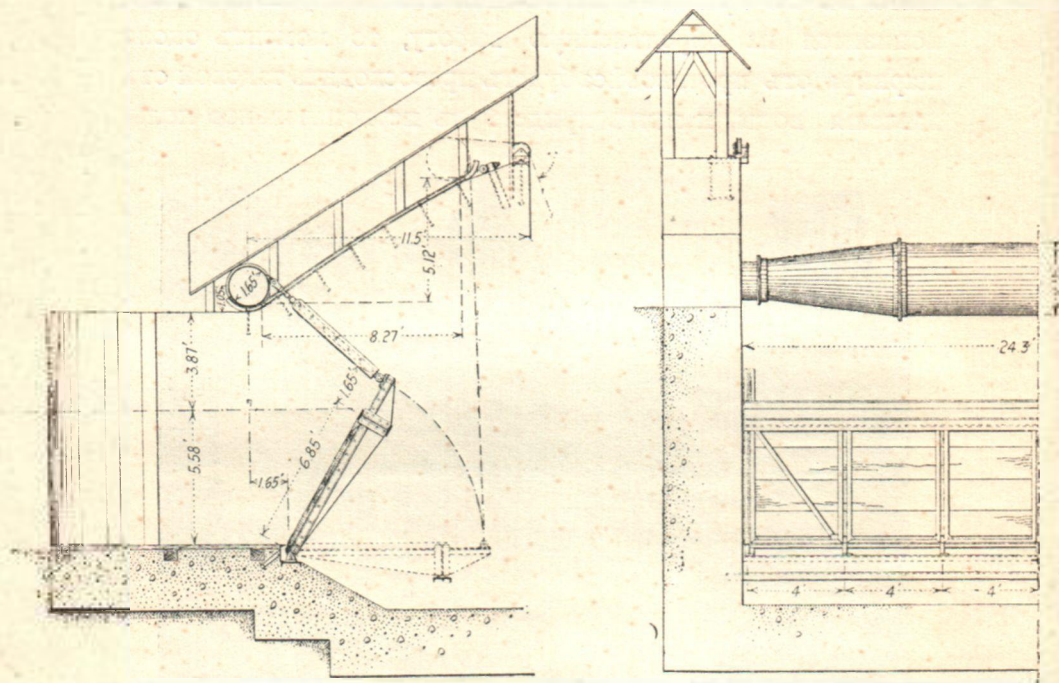


Рис. 98. Автоматическій затворъ на р. Grafenauer Ohe въ Баваріи.

вышеніи подпорнаго горизонта щитъ опускается, а при пониженіи уровня верхняго бьефа, наоборотъ, поднимается. Подобная разборчатая часть вполне пригодна для пропуска льда и вообще плавающихъ тѣлъ, регулируя въ то же время автоматически и пропускъ паводковъ.

Къ такому же роду плотинъ можно отнести систему Doell. Идея ея состоитъ въ слѣдующемъ: на горизонтальной оси, проходящей черезъ пролетъ, виситъ щитъ, примы-

кающей верховой стороной къ порогу (рис. 99). Прижатіе его къ порогу обезпечивается противовѣсомъ въ видѣ груза на перпендикулярномъ къ щиту стержнѣ. Вся система находится въ равновѣсіи при нормальномъ подпорномъ горизонтѣ; при колебаніи уровня воды, щитъ или открывается, или вновь прижимается противовѣсомъ къ порогу. Другой видъ плотинъ Doell состоитъ изъ щита, имѣющаго на нижней своей грани шарниръ; щитъ наклоненъ на 30° и удерживается въ своемъ положеніи поплавкомъ, погруженнымъ частью въ воду ниши флютбета

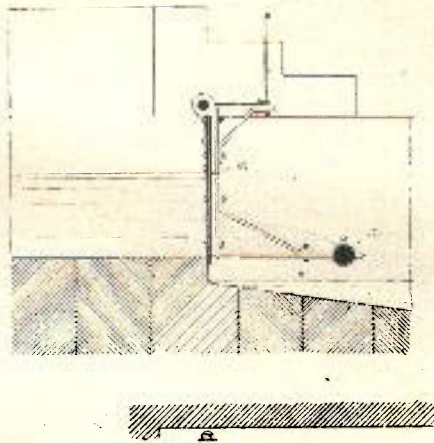


Рис. 99. Затворъ системы Doell.

(рис. 100). Соотвѣтственно увеличивающемуся или уменьшающемуся давленію воды поплавокъ то погружается въ воду, то всплываетъ, и тѣмъ понижаетъ или повышаетъ гребень водослива. Эта система вполне удовлетворительно работаетъ, какъ регулирующий водосливъ.

Для возможности пропускать ледъ и паводки черезъ гребень глухихъ плотинъ при гидроэлектрическихъ установкахъ можно примѣнять такъ называемую систему «Bezner», которая по расположенію щитовъ походитъ на

американскую систему «Bear Trap». Разборчатая часть состоит из двух щитовъ, при чемъ верхній прикрѣпленъ

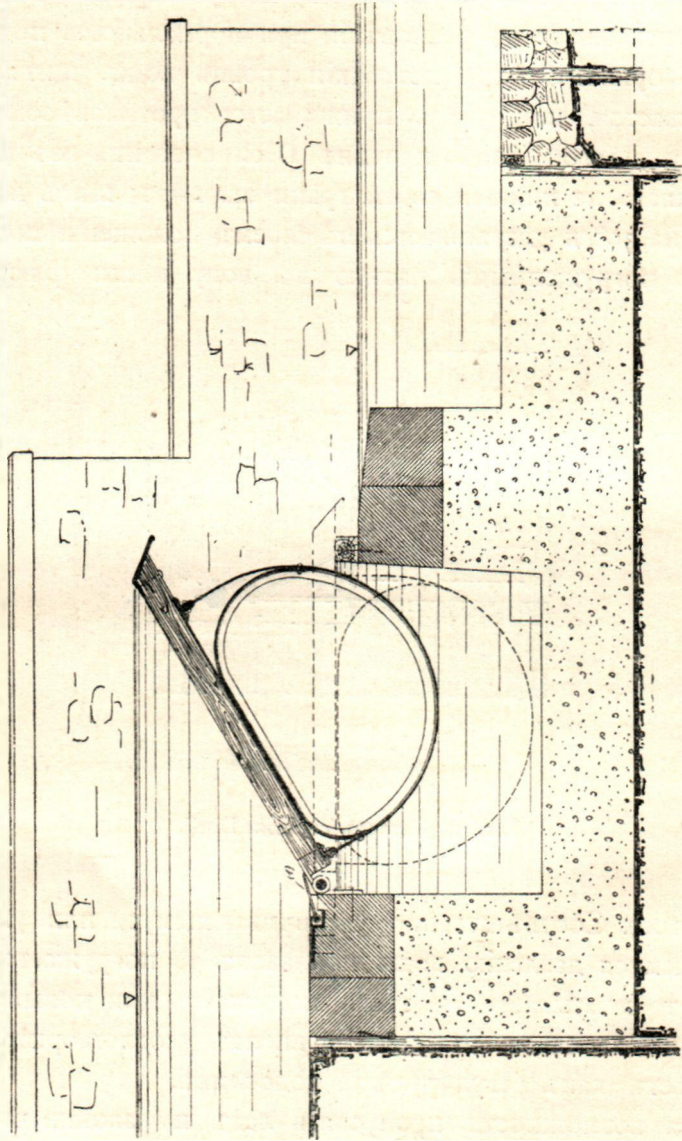


Рис. 100. Затворъ системы Doell.

шарниромъ къ тѣлу глухой части плотины, низовой же щитъ соединенъ поверху шарниромъ съ верховымъ.

(рис. 101). Нижний конец второго щита скользитъ по наклонной плоскости. Вся конструкція приводится въ движеніе съ берега, при помощи продольной, проходящей подъ щитомъ тяги, отъ которой противъ каждаго же щита отходятъ канаты. Канаты, обходя блокъ, прикрѣпляются къ низовому щиту. Двигая тягу, посредствомъ особаго механизма, можно канаты отпускать и тогда подъ дѣйствіемъ подпора щитъ можетъ опускаться, открывая

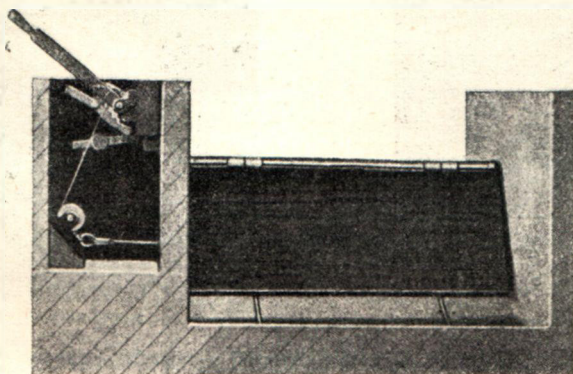


Рис. 101. Затворъ системы „Bezner“.

отверстіе (рис. 102). Для закрытія пролета, наоборотъ, тѣмъ же механизмомъ можно привести разборчатую часть въ прежнее положеніе. Для устраненія удара плотины при быстрой ея укладкѣ механизмъ имѣетъ воздушный тормазъ. Такого рода устройство примѣнено было на плотинѣ у Markersdorf у Chemnitz для пролета въ 20 метр. и при наличіи колебанія подпорнаго горизонта въ 0,35 м. Кромѣ того, для городской электрической установки такая система была примѣнена въ Naigerloch для пролета въ 22 метра при колебаніи подпорнаго горизонта въ 0,50 метра и въ Ravensburg'ѣ. Хотя плотина эта примѣнялась только для закрытія водосливныхъ отверстій глухихъ плотинъ, но казалось, бы что, при нѣкоторомъ измѣненіи конструкціи,

она можетъ служить и какъ самостоятельная водосливная плотина, особенно благодаря возможности освобождать и закрывать пролетъ ея съ берега. Вышеуказанная разборчатая часть работала вполне хорошо въ продолженіи нѣсколькихъ лѣтъ и сохранилась при сравнительно тяжелыхъ условіяхъ прохода высокихъ водъ и ледохода.

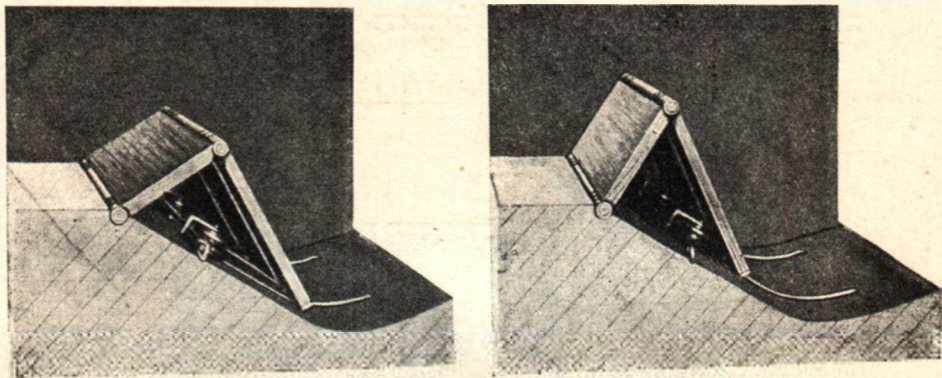


Рис. 102. Затворъ системы „Bezner“.

Заключение.—Освѣщеніе плотинъ съ техническо-экономической точки зрѣнія.

Освѣщеніе экономической стороны въ примѣненіи того или другого рода плотинъ должно состоять, конечно, въ опредѣленіи общаго расхода на погонную единицу длины плотины, при чемъ этотъ расходъ долженъ слагаться не только изъ первоначальной стоимости сооруженія, но изъ капитализированной стоимости эксплуатаціи. Дать какія-либо сравнимыя между собою цифры, хотя бы для разнообразныхъ подпоровъ, одного и того-же типа плотины чрезвычайно затруднительно, на основаніи цѣлаго ряда причинъ:

1) Стоимости приходится брать для сооруженій, находящихся въ разныхъ государствахъ, а если въ одномъ

государствѣ, то въ разныхъ областяхъ, гдѣ единичныя цѣны, въ особенности на рабочій трудъ, могутъ довольно сильно разниться другъ отъ друга; наконецъ, эти цѣны опредѣляются и временемъ постройки.

2) Въ опредѣленіе стоимости сооруженій входятъ разнообразныя работы, часто зависящія отъ мѣстныхъ условій постройки, а не отъ конструкціи разборчатой части плотины: напримѣръ, устройство основаній, флютбетовъ, земляныя работы, дамбы, укрѣпленіе береговъ и т. п., могутъ сильно разниться по стоимости, и, конечно, ложиться различнымъ бременемъ на стоимость погонной единицы плотины.

3) Кромѣ того, свѣдѣнія о стоимости плотинъ чрезвычайно неполны и кратко сообщены почти во всѣхъ литературныхъ источникахъ, при чемъ обыкновенно совершенно не указывается стоимости эксплуатаціи; гдѣ же подобныя цифры и указываются, то обыкновенно на все гидротехническое сооруженіе вмѣстѣ со шлюзомъ, и выдѣлать расходы специально на плотину чрезвычайно затруднительно.

4) Наконецъ, для полной оцѣнки сооруженія необходимо знать исторію дѣятельности сооруженія, его переустройство, капитальные ремонты, что обыкновенно не находитъ себѣ отраженія въ технической литературѣ.

Все вышеизложенное приводитъ къ заключенію о необходимости экономическаго сравненія тѣхъ или другихъ типовъ сооруженій, сообразно мѣстнымъ условіямъ, каждый разъ при составленіи того или другого проекта, дать же какія-нибудь общія, опредѣленные положенія чрезвычайно затруднительно. Поэтому и пришлось, къ сожалѣнію, ограничиться лишь сообщеніемъ свѣдѣній о стоимостяхъ тѣхъ или другихъ плотинъ, воздерживаясь отъ какихъ-нибудь опредѣленныхъ выводовъ изъ этихъ данныхъ.

Краткія свѣдѣнія о стоимости плотинъ.

НАИМЕНОВАНИЕ.	Длина проле- товъ.	Высота гориз надъ порог.	Под- портъ.	Цѣна пог. метра.	ПРИМѢЧАНІЯ.
	Метр.	Метр.	Метр.	Рубли.	
Система Поаре.					
Плотина на Маасѣ (франц.).	26,2	2,00	2,30	652,5	Спицевая плотина; дана средняя стоимость изъ 21 плот., построенныхъ 1875—77 г.
	27,30				
	26,20				
Плотина на р. Saône	116,82	2,50	2,30	637,8	Спицевая плотина, постр. 1873—1879 г.; 5 плотинъ.
Плотина на р. Маасѣ (бельг.).	43,41	3,10	2,415	908,6	Спицевыя плотины числомъ 6 постр. 1874—1880 г.
Плотина Марто на Нижней Сенѣ	51,60	3	3	1518,8	Спицевая плотина; постр. 1863—1866 г.
Плотина Suresnes на нижн. Сенѣ	72,38	4,56	3,27	4603,5	Плотина со шторами и щитами, постр. 1880—85 г.
	62,38	3,08		2897,6	
	62,38	4,08		4056,4	
Плотина Moulin Rouge на Loing	49,50	1,80	1	942,4	Плотина щитовая съ катками постр. 1900 г. Въ стоимость включена разборка старой плотины и землечерпательныхъ работъ.
Плотина на р. Big-Sandy . . въ С.-Америкѣ	39,62	3,96	—	1739,25	Спицевая плотина; разборчатая часть стоитъ 125,6 р. метр.
	42,67	2,13	—		

Плотины системы Поаре по проектамъ въ Россіи.

	Высота фермы.	Подпоръ.	Расстояние между фермами.	Глубина на потоцѣ.	ПРИМѢЧАНІЯ.
Сѣверный Донецъ.					Плотина щитовая.
	3,33	1,65	0,75	3800	Флютбетъ каменный.
	—	—	—	3300	„ желѣзо-бетон
Сост. Пузыревскій 1904— 1908 г.	3,01	1,65—1,5	—	3700	„ каменный.
	—	—	—	3100	„ желѣзо-бетон.
	2,35	1,65—1,1	—	2424	„ каменный.
	—	—	—	2010	„ желѣзо-бетон.
Сѣв. Донецъ.					
Сост. инж. Левановскій, исп. 1910—1913 г. . . .	3,20	1,65—1,5	0,66	2650	Въ стоимость вошла средняя стои- мость на всѣ сооруженія, причемъ не включены: земляныя работы, дамбы, рисбермы.
Западная Двина.					
	2,75	1,50	0,66	2610	Грунтъ скалистый
	2,75	1,50	0,66	2897	„ песчаный
Инж. Могучій 1904 г. . .	2,50	1,25	0,66	2731	„ песчаный
	2,25	1,00	0,66	2527	„ песчаный
					Флютбеты ка- менные, фермы раскосного типа, флютбетъ съ облицовкой, рисберма.

	Высота форизъ.	Подпоръ.	Разстояніе между формами.	Цѣна на 1 пог. с.	ПРИМѢЧАНІЯ.
Днѣпръ.					
Отъ Орши до Березины	3,03	1,50	0,66	1990	Щитовыя плотины, однораск. системы.
инж. Семеновъ 1903 г.	2,46	1,00	0,66	1588	
	2,30	1,00	0,66	1503	
	2,02	1,00	0,66	1372	
р. Ока.					
Сост. инж. Бухгольцемъ	2,72	1,70	0,60	2871	Фермы двураскосныя; затворы щитовыя. Грунтъ песчаный; флютбетъ бетонно-каменный съ облицовкой.
1902 г.	2,31	1,30	0,60	2695	
р. Шексна.					
Инж. Могучій (постр.) . .	2,00	1,11	0,50	5695	Стоимость средняя для трехъ сооружений, договорная. Сюда вошла стоимость всѣхъ работъ по устройству плотины. Плотины спивевыя. Стоимость эксплуатации со плюзомъ 8.000—9.000 руб. въ годъ.
р. Шексна.					
Инж. Петрашень 1911 г.	3,00	1,52—1,94	0,66	5822	Стоимость первоначальная по проекту, полная, вмѣстѣ съ дамбами, рисбермами, укрѣпленіемъ откосовъ, перемычками. Флютбетъ съ кам. облицовкой. Сюда включена стоимость механическихъ приспособленій.

Стоимости нѣкоторыхъ германскихъ плотинъ системы Поаре.

Названіе сооруженія.	Число плотинъ.	Перепады.	Высота подпор- наго гор. надъ порогами.	Пролетъ.	Ширина флют- бета.	Стоимость работъ по основанію на 1 кв. м.	Стоимость 1 кв. метра затвора.	Стоимость пло- тины на 1 пог. метръ.	Тоже на 1 кв. м. затвора.	Годъ постройки.	ПРИМѢЧАНІЯ.
На Одеръ . . .	$\left. \begin{array}{l} 5 \\ 3 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 2,25-3,0 \\ 1,75-2,25 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 3,0-3,6 \\ 1,5-2,2 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 80-126 \\ 90 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 6,0 \\ 6,0 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 50 \\ 48 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 62 \\ 72 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1100 \\ 750 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 300 \\ 378 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1893-5 \\ - \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \text{Пруссія.} \end{array} \right\}$
„ Fulda . . .	3	2,00	2,4	60—80	5,0	50	58	705	295	93—97	*
„ Ems . . .	4	1,5—2,0	2,4	50,6	14,4	42	57	900—1200	425—507	95—97	Dortmund-Emskanal.
„ Elbe . . .	2	—	2,7	20+55	8,5	137	100	1435	530	1900—5	Mitrovitz, Böhmen. Стоимость въ рубляхъ.

НАИМЕНОВАНИЕ.	Длина проле- товъ.	Высота гориз. надъ порог.	Под- поръ.	Цѣна пог. метра.	ПРИМѢЧАНІЯ.	
	Метр.	Метр.	Метр.	Рубли.		
Система Тавернье.						
Плотина Poses на Сенѣ:						
Судоходный прол. . .	30,24	} 5	—	—	Затворы, шторы Cameré; по- строена въ 1885 г. Цѣна отне- сена лишь къ 7 пролетамъ.	
„ „ . . .	32,48					
2 водослива . . .	30,16	3	4,18	6201		
2 несудоходн. прол.	30,16	} 5				
Несудоходн. прол. . .	27,92					
Система Шапоана.						
Верхняя Сена 12 плотинъ (средняя).						
Судоходный прол. . .	50	3,01	1,78	1151,3	Построены въ 1860—69 г. Въ стоимость водосливнаго про- лета не включено стоим. слу- жебнаго мостика, что увели- чиваетъ стоимость пог. м. на 107 руб.	
Водосливный „ . .	65	1,90	1,78	533,0		
Плотина на р. Ohio у г. Cin- cinnati.						
Судох. пролета . .	270	3,68	2,62	} ≈ 6600	Система Шапоана Beag—Tgar. { Стоимость всѣхъ работъ 2.250.000 р. вмѣстѣ со шлю- зомъ 180×30 метр.	
3 водослива по . . .	23,8	3,68	2,62			

НАИМЕНОВАНИЕ.	Длина проездовъ,	Высота гори- зонта надъ порогомъ,	Паденіе.	Цѣна пог. м.	ПРИМѢЧАНІЯ.
Плотины на р. Маасѣ числ. 6 (въ среднемъ).					
Водосливъ	54,60	2,25	2,415	938,3	Построены въ 1874—80 г. Выше щитовъ устроены служебный мостикиъ.
Плотины на р. Saône 5 пло- тинъ (въ сред.).					
Судоходный	49,21	3,50	2,30	1411	Построены въ 1861—71 и 73—79 г. Съ верховой стороны устроены служебный мостикиъ.
Плотина Mulatieré на р. Saône.					
Судоходный	103,6	4	2,6	} 3625,5	Система Паско; построена 1879— 82 г. Цѣна средняя для водо- слива и суд. пролета. Выше щитовъ служебный мостикиъ.
Водосливный	84	—	—		
Система Дефонтена.					
8 плотинъ на р. Марнѣ (въ среднемъ).					
Водосливъ	59	1	2,04	856	Построены въ 1860—65 г. Въ эту цѣну не входитъ стоимость подкосовъ, что составляетъ около 30 р. на пог. метръ.
Для плотины Joinville.					
Судоходн. прол.	12	2,66	} 2,16	296,6	Судох. пролетъ — спицев. фермы Поаре; водосливъ — щитами Дефонтена; стоимость отно- сится лишь въ разборч. ча- стямъ водослива.
Водосливъ	63	1,1			
Система Жирара.					
Плотина у Ile-Brulée на р. Юннѣ.					
Водосливъ	25	2	1,85	1125	Построена въ 1873 году.

	Длина.	Высота.	Поверх- ность.	Вѣсъ.		Стоимость.		ПРИМѢЧАНІЯ.
				Всего.	1 кв. м.	Всего руб.	1 кв. м. руб.	
Цилиндрическія.								
На р. Brahe	22	2,50	55	40	0,72	10640	194,5	Цилиндръ. Приспособленія.
				12	0,22	4167	74,0	
				52	0,94	14807	268,5	
Въ г. Berlin	5,56	1,60	9	5,6	0,62	2747	305,6	Цѣна съ приспособленіями; лебедка вѣсомъ 0,8 t и зубч. 0,55 t.
Сегментныя плот.								
Berlin	5,56	1,60	9	2	0,22	1758,8	194,5	Щиты. Приспособленія. Противовѣсы.
"	12,0	1,87	22,44	6,35	0,28	4167	185,7	
				34	0,63	7547	139	
Dortmund-Ems-Kanal	18	3	54	22	0,40	9951,5	185,2	
				38	0,70	3366	62,5	
P. Lez	6,60	3,60	23,76	—	—	5093	214,4	Ремонтъ 867 р., эксплуат. 1.024 р
Проектъ „Segment“	15,0	3,25	48,75	—	—	18170,8	397	
Система Столея.				Число проле- товъ.				
Панамскій каналъ.								
Gatun	14,12	5,8	14	42		6.528.100		Плотины всей. } На 1 кв. м. затвора 787 р. Щитовъ. } На 1 кв. м. щита 347 р.
Miraflores	14,12	5,8	8	42		4.182.640		
На р. Рейнъ выше Базеля	18,7	9,5	10	100		1.852.000		
	17,3	15,0	4	—		47.458		
(въ боков. свѣту)	13,7					1.389.000		
На р. Touques у г. Lisieux . .	4,0	2,4	—	—		195		Мет. части 16.764 р. Плотина и зланиѣ гидр. станціи. Электр. оборудованіе 1.875.000 руб.
Ст. Chèvres	10	8,5	6	50 t		292.714		
у Crotoy	6	5,65	2	18		21.340		
На р. Dordogne у г. Tuilière.	10	13	7	—		2.625.000		
	7	—	1	—		—		

Точно также нельзя установить какихъ-либо определенных правилъ для выбора и примѣненія того или другого типа плотинъ и съ технической точки зрѣнія, такъ какъ здѣсь приходится имѣть дѣло съ цѣлымъ рядомъ условій, вытекающихъ изъ быта рѣки и цѣли постройки. Можно указать лишь самыя общія положенія о примѣнимости тѣхъ или другихъ типовъ для русскихъ рѣкъ, гораздо болѣе могущественныхъ, чѣмъ рѣки Западной Европы и даже Сѣверной Америки. Трудность устройства гидротехническихъ сооружений на русскихъ рѣкахъ еще увеличивается вслѣдствіе весьма интенсивнаго въ нашемъ климатѣ ледохода.

Какъ на наиболѣе простой и экономическій типъ плотины можно указать на систему Поаре съ спицевыми затворами, такъ какъ при примѣненіи послѣднихъ большая часть давленія воды передается непосредственно на пороги флотбета и облегчаетъ вѣсь фермы. Благодаря крюкамъ Гюилльемена спицамъ можно придавать сравнительно большіе размѣры, не затрудняя маневровъ, и достигъ сравнительно большой водонепроницаемости. Точное регулированіе подпора, быстрая разборка для пропуска паводковъ и экономичность плотины Поаре со спицами, все это дало ей большое распространеніе почти во всѣхъ государствахъ.

Примѣненіе спицъ имѣетъ предѣлъ по отношенію къ величинѣ подпора, такъ какъ иначе онѣ получаютъ слишкомъ громоздкими и неудобными для маневровъ, но идея плотинъ Поаре, со щитами и шторами для большихъ напоровъ, получила полное оправданіе въ практикѣ, такъ какъ для этой системы едва ли можно установить предѣлъ примѣненія. Конечно, употребленіе щитовъ требуетъ механическихъ приспособленій, и большей солидности фермъ, а эти послѣднія условія влекутъ за собою и удорожаніе плотины.

Типъ Камере (Гавернье) съ верхнимъ разводнымъ мо-

стомъ и щитовыми или шторными затворами, близко подходящій къ только что описанному, хотя и имѣетъ въ смыслѣ водонепроницаемости и солидности качества системы Поаре, но очень дорогъ, почему казалось бы эта система могла бы быть оправдана лишь въ исключительныхъ обстоятельствахъ при нижеслѣдующихъ условіяхъ:

а) Когда рѣка несетъ большія количества наносовъ, особенно гравія, который могъ бы принести вредъ сложенному на дно подвижнымъ частямъ плотины.

б) Когда мостъ для опоры стоекъ долженъ быть все равно построенъ для надобностей проѣзда и сообщенія между берегами, т. е., когда расходъ на него можетъ быть оправданъ не только шлюзованіемъ рѣки.

Всѣ эти три типа плотинъ обладаютъ общимъ недостаткомъ: необходимою имѣть много запасныхъ частей, приспособленій для разборки, слѣдствіемъ чего является потребность въ устройствѣ складовъ, гражданскихъ зданій, что, въ свою очередь, ложится тяжело какъ на первоначальную стоимость плотины (около 15%), такъ и на расходы по эксплуатаціи послѣдней.

Плотины Шаноана и сходственныя съ ней американскія системы «Bear Trap» отличаются быстротой открыванія, а при маневрахъ съ судна и особенною приспособленностью для пропуска льда. При служебномъ мостикѣ и регулированіи плотины посредствомъ цѣпей системы Шаноана плотина лишается своего главнаго достоинства—быстраго открыванія и регулированія подпорнаго горизонта. Кромѣ того устройство моста на фермахъ Поаре не является экономичнымъ, а цѣпи между мостомъ и щитами могутъ послужить источникомъ многихъ затрудненій.

Плотина Дефонтена отличается большой легкостью маневровъ, какъ по поднятію, такъ и опусканію плотины; она даетъ возможность регулировать бѣефъ выпускомъ воды и легко пропускать плавающія тѣла и льдины, даже

если бы она во время и не была открыта. Но, хотя всѣ эти преимущества и весьма серьезны, однако, они получаются за счетъ большихъ расходовъ, даже если вопросъ идетъ о сравнительно небольшихъ подпорахъ.

Какъ показалъ опытъ, всѣ вышеуказанныя плотины являются вполне приспособленными для судоходныхъ пролетовъ, такъ какъ послѣ уборки освобождаютъ пролетъ плотины и не стѣсняютъ габарита судна ни при какихъ горизонтахъ. Такимъ образомъ, упомянутыя системы плотинъ удовлетворяютъ первоначальной идеѣ разборчатыхъ плотинъ, и устройство этихъ системъ въ особенности важно при сравнительно большихъ измѣненіяхъ естественныхъ горизонтовъ, такъ какъ не требуютъ высокаго поднятія разборчатыхъ частей надъ высокимъ горизонтомъ и въ то же время не стѣсняютъ судоходства.

Посмотримъ теперь, какія изъ этихъ плотинъ являются наиболѣе приспособленными для закрытія судоходныхъ пролетовъ, т. е. при соблюденіи условія возможности прохода судовъ черезъ плотину при горизонтахъ, когда на фарватерѣ имѣется вполне достаточная глубина для судоходства.

Наиболѣе неудовлетворительной въ этомъ отношеніи является, конечно, плотина Дефонтена, требующая, кромѣ устройства шита высотой, соответствующей подпору, еще и приблизительно такихъ же размѣровъ контр-шита и камеры въ флютбетѣ. Все это влечетъ съ одной стороны увеличеніе количества строительныхъ матеріаловъ, какъ на разборчатую часть, такъ и флютбетъ, а съ другой стороны вмѣстѣ съ углубленіемъ флютбета затрудняется и производство работъ по водотливу и возведенію перемычекъ.

Вслѣдствіе вышеизложеннаго казалось бы, что при судоходныхъ пролетахъ, хотя и употреблялась рассматриваемая система плотины, едва ли рационально ея дальнѣйшее примѣненіе, въ особенности при сравнительно большихъ напорахъ. какъ съ технической, такъ и съ экономической точки зрѣнія.

Гораздо большей приспособленностью въ этомъ отношеніи является плотина Шаноана, что и доказывається ея распространіемъ для этой цѣли въ Сѣверной Америкѣ. Но при глубокомъ заложении флютбета (около 0,5—1 саж.) ниже наинизшаго горизонта или подпорнаго и при обыкновенныхъ среднихъ подпорахъ около 1—1,5 саж. быстро достигается почти предѣльная 5—6 метровая длина щита, съ дальнѣйшимъ увеличеніемъ котораго уже усложняются маневры съ плотиной. Такимъ образомъ примѣнимость плотины системы Шаноана ограничена безусловно величиной подпора, но въ предѣлахъ примѣнимости эта система является вполне цѣлесообразной и достойной вниманія въ особенности при требованіи быстраго пропуска ледохода и наводковъ.

Впрочемъ неудобство сборки и разборки плотины съ судна, отсутствіе сообщенія между берегами, а съ другой стороны неэкономичность при устройствѣ моста—все это въ значительной мѣрѣ умаляетъ ея достоинства и мѣшаетъ дальнѣйшему ея распространію.

Плотина съ разводнымъ мостомъ, хотя по идеѣ и очень хороша, но кромѣ своей дороговизны едва ли можетъ получить распространіе вслѣдствіе того, что пролетъ ея ограничивается размѣрами существующихъ на практикѣ разборныхъ мостовъ, а это обстоятельство можетъ стѣснить судоходство и пропускъ льда.

Всѣхъ этихъ недостатковъ не имѣетъ, какъ показали долготѣнній опытъ, система Поаре.

Перейдемъ теперь къ разборчатымъ плотинамъ, употребляемымъ для шлюзованія рѣкъ съ судоходными цѣлями, но не позволяющимъ, или вѣрнѣе затрудняющимъ проходъ судовъ черезъ плотину, во время существованія достаточной глубины на фарватерѣ рѣки. Эти плотины имѣютъ очень обширное примѣненіе для шлюзованія рѣкъ съ цѣлью использованія гидравлической энергіи. Въ по-

слѣднемъ случаѣ подпоръ долженъ поддерживаться въ теченіе всей зимы, отсюда ясно, насколько сложна задача этихъ плотинъ въ сравнительно суровомъ климатѣ Россіи, и одно изъ непремѣнныхъ условій ихъ конструкціи должно заключаться въ безпрепятственномъ пропускѣ ледохода. Кромѣ того, пропускъ зимнихъ паводковъ долженъ происходить такимъ образомъ, чтобы не образовывались подвижки льда, такъ какъ иначе ледъ, наваливаясь на закрытые пролеты, можетъ испортить разборчатые части и не позволить открыть ихъ, когда въ этомъ будетъ ощущаться необходимость. Есть основаніе предполагать что одной изъ главныхъ причинъ преждевременной подвижки льда можетъ явиться опусканіе или повышеніе подпорнаго горизонта у плотины при пропускѣ воды черезъ водосливъ, такъ какъ при этомъ увеличивается еще въ значительной степени поверхностная скорость. Такъ, напримѣръ, плотина съ мостомъ со щитовымъ затворомъ, какъ видно уже изъ самой ея конструкціи, имѣетъ водосливъ сильно увеличивающій поверхностную скорость теченія рѣки, въ особенности, когда слой переливающейся воды увеличивается при зимнихъ паводкахъ.

Вмѣстѣ съ тѣмъ при обыкновенномъ устройствѣ этой системы плотинъ со стойками, поднимающимися вверхъ по теченію, несомнѣнно при навалкѣ льда невозможно полное открытіе пролета, а при вращеніи ихъ внизъ по теченію, открытіе отверстія происходитъ настолько быстро, что вызываетъ быстрое пониженіе горизонта у плотинъ, увеличеніе уклона и поверхностной скорости и навалку льда на соосѣдніе пролеты. Одновременное открытіе всѣхъ пролетовъ лишь для льда, независимо отъ существующаго расхода въ рѣкѣ, можетъ, конечно неблагопріятно повліять на работу гидроэлектрической установки. Исходя изъ этихъ соображеній можно прійти къ выводу что едва ли система Тавернье или Кмере найдетъ себѣ примѣненіе для сооружений, служа-

щихъ для использованія гидравлической энергіи рѣкъ въ нашемъ сравнительно суровомъ климатѣ.

Казалось бы, что лучшія условія создаются при примѣненіи для этихъ плотинъ шторъ Камере, которыя, поднимаясь кверху, открываютъ проходъ для потока по низу, вслѣдствіе чего поверхностная скорость увеличивается незначительно. Но свертываніе шторъ при обмерзаніи и плавающимъ льдѣ можетъ оказаться трудно осуществимымъ.

Гораздо болѣе цѣлесообразной системой въ этомъ отношеніи являются щиты Стонея и сравнительно большое распространеніе ихъ въ Западной Европѣ уже говорить само за себя. Во-первыхъ, плотины системы Стонея не имѣютъ мелкихъ разборчатыхъ частей, во-вторыхъ, при открытіи плотины щитъ и роликовая рама цѣликомъ поднимаются выше горизонта воды; наконецъ открытіе отверстія для регулированія расходовъ совершается у дна, что не вызываетъ поверхностныхъ теченій, а, слѣдовательно иѣтъ на лицо тѣхъ условій, которыя могутъ вызвать внезапную подвижку льда. Приходится опасаться только одного обстоятельства—неисправнаго дѣйствія катковъ при ихъ обмерзаніи.

На это, конечно, слѣдуетъ обратить вниманіе при нашемъ климатѣ.

Цилиндрическія плотины обладаютъ тѣми же достоинствами, какъ и система Стонея, въ отношеніи примѣненія въ странахъ съ суровымъ климатомъ, и практика примѣненія ихъ для рѣкъ, правда, пока съ небольшимъ ледоходомъ, дала хорошіе результаты, какъ въ сѣверныхъ государствахъ, такъ и въ Финляндіи, но во всякомъ случаѣ для большихъ рѣкъ съ большимъ льдомъ, эта система еще не была примѣнена и требуетъ провѣрочнаго опыта.

Заканчивая настоящій трудъ, мы считаемъ необходимымъ указать, что для цѣлей судоходства, разборчатая плотина будетъ тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ независимѣе отъ

ширины рѣки она будетъ, чѣмъ быстрѣе ея будутъ дѣлаться маневры съ нею и чѣмъ менѣе она для этого будетъ требовать работы, ухода и присмотра, чѣмъ полнѣе и совершеннѣе она открываетъ все русло рѣки По выраженію. ииж. Кранца нужно, чтобы разборчатая плотина имѣла способность, такъ сказать, исчезать въ моментъ необходимости, т. е. при очень быстрыхъ паводкахъ и неожиданномъ ледоходѣ, не оставляя въ руслѣ рѣки никакой преграды или возвышенія флутбета. Наконецъ, она тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ части ея менѣе сложны и болѣе просты и чѣмъ устройство ея обходится дешевле.

Л и т е р а т у р а.

- Зброжекъ. Курсъ внутреннихъ водяныхъ сообщеній.
de Lagrené. Cours de navigation intérieure. 1873 г.
Klett. Neuere bewegliche Wehre.
Boulé. La canalisation des fleuves.
de Mas. Rivières canalisées.
Franzius. Der Wasserbau.
Thomas. Movable Dams.
Möller. Grundriss des Wasserbaues.
Deutsch. Der Wasserbau.
Rolo ff. Statistische Nachweisungen über die ausgeführten
Wasserbauten des preussischen Staates.
Pestalozzi. Stauwerke.
Rolo ff. Mittheilungen über nordamericanisches Wasserbauwesen.
1895 г.
Wegmann. The design and construction of dams.
Suppan. Wasserstrassen und Binnenschiffahrt. 1902 г.
Lueger. Die Wasserversorgung... und die Regulierung des
Donaucanales in Wien. 1901.
Труды международных конгрессовъ.
Максимовъ. Къ вопросу о гидроэлектрическихъ установ-
кахъ.
Handbuch der Ingenierwissenschaften.

Плотины системы Пуаре.

- Annales des ponts et chaussées, Paris.
годы 1839
» 1843, стр. 240.
» 1870

годы 1876, стр. 320.

» 1881

» 1889, стр. 49; стр. 36.

» 1895

» 1896, стр. 516.

Zeitschrift für Bauwesen. 1874 г.

Hans. La canalisation de la Meuse en Belgique. 1880 г.

Mémoire sur les travaux de canalisation de la Meuse entre Namur et la frontière française. 1880 г.

Zeitschrift d. V. d. J. 1882 г., стр. 519.

Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1884 г.

Hans Düsing. Kanalisierung der Maas. 1885 г.

Génie Civil. 1888 г., стр. 24-33.

Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1889 г., стр. 494.

Exposition Universelle à Paris de 1889 г. „Notices sur les Modèles, Dessins, etc.

Génie Civil XXXIII, стр. 21.

XXXVIII, стр. 63.

Engineering News, 1898 г. 7 июля.

Engineering Record, 1899 г. Sept. 9.

Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1901 г., стр. 224.

Allgemeine Bauzeitung. 1901 г., стр. 39.

Schweizerische Bauzeitung. XXXVII, 1901 г., стр. 50.

Allgemeine Bauzeitung. 1905 г., стр. 103.

1908 г., стр. 175.

Engineering. 1908 г., стр. 69.

Il Politecnico. 1908.

Zeitschrift d. V. d. J. 1908 г., стр. 640.

Schweizerische Bauzeitung. 1909 г., № 9.

Engineering Record. 1909, № 4.

Бухгольцъ. Пояснительная записка къ планамъ и профили р. Москвы.

Die Bauten der Kommission für die Kanalisierung des Moldau- und Elbflusses in Böhmen. Klir, 1908 г.

Система Шаноана.

Annales des Ponts et Chaussées. 1861 г.

1868 г.

1873 г.

Zeitschrift für Bauwesen. 1881 г., стр. 113.
 Annales des Ponts et Chaussées. 1883 г.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1890, стр. 211.
 Engineering News. 1894, № 19.
 Engineering Record. 1899 г., № 26.
 » » 1905 г., № 10.
 Zeitschrift d. V. d. J. 1908 г., стр. 640.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1909 г., стр. 340.
 Génie Civil LV. 1909 г., стр. 476.
 Annales d. P. et Chaussées. 1910 г., № 3.

Барабанная плотины.

Проф. Тимонова. Водоподъемная плотины системы Де-Фонтена.

Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1882, стр. 346.
 Zeitschrift f. Bauwesen. 1886 г., стр. 337-350.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1886 г., стр. 407.
 Zeitschrift f. Bauwesen. 1888 г., стр. 19.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1890 г., № 19-20.
 Engineering News. 1890 г., № 42, стр. 335.
 Schweizerische Bauzeitung. 1897 г., № 2.
 Allgemeine Bauzeitung. 1904, стр. 138.
 Zeitschrift f. Binnenschiffahrt. 1905, № 22.
 Engineering News. 1908, № 30.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1910, № 49.

Американскія плотины.

Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1888 г., стр. 230.
 Engineering News. 1890 г., Oct., 18.
 Zeitschrift f. Bauw. 1895 г.
 Engineering News. 1895 г., 7 febr.
 Zeitschrift f. Bauwesen. 1895 г.
 Engineering News. 26 May, 1898 г. (№ 23).
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. № 65, стр. 398, 1900 г.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. № 103, 1907, стр. 672.
 Schweizerische Wasserwirtschaft, № 4, 1908 г.

- Oesterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst.
 1908 г., стр. 704.
 Engineering News. 1909 г., стр. 235.
 Génie Civil. LV. 1909 г., стр. 476.
 Engineering Record. 1909 г., 16 янв.
 Schweiz. Bauzeitung. LV, № 13, 1910 г. стр. 172.
 Zeitschrift d. D. J. V. 1910 г., стр. 953.

Плотины системы Таверньэ.

- Navigation de la Seine de Paris à Rouen „Caméré
 Notices sur les nouveaux types de barrage appliqués sur la Basse-
 Seine entre Paris et Rouen“. Congrès international de Navigation.
 Paris, 1900 г.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1884 г., стр. 512.
 Génie Civil. № 18, 1885 г., стр. 245.
 Engineering News. 1886 г., 11 decbr.
 Zeitschrift f. Bauwesen. 1895 г.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1897 г.
 Génie Civil. 1902 г. № 14.
 Oesterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst
 1904 г., стр. 554.
 Allgemeine Bauzeitung. 1904 г.
 Engineering News. 1909, № 25.
 Engineering Record. 1910 г., 26 м.
 Engineering News. 1910 г., Oct. 6
 Zeitschrift d. Vereins deutscher Ing. Bd. 54, № 11, 1910 г.
 Engineering Record. 1911 г., № 6.

Плотины системы Стонея.

- Zeitschrift f. Bauwesen. 1884 г., стр. 326.
 Engineering. 1884 г., S. 268.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1885 г., стр. 227.
 Engineering. 1894 г.
 Annales d. Ponts et Chaussées. 1894 г., 8 стр. 32.

- Engineering News. 1895 г., стр. 21.
 Engineering. 1896 г., стр. 47.
 Zeitschrift d. Ver. deutscher Ing. 1896 г., стр. 1229.
 Schweiz. Ing. u. Arch. Ver. Zürich. 1898 г.
 Zeitschrift d. V. d. J. 1900 г., стр. 850.
 Engineering News. 1900 г., № 12.
 Schweizerische Bauz. 1900 г., № 10.
 Génie Civil. 1911 г., стр. 232.
 Engineering News. 1902, № 13.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1902, стр. 80.
 Engineering Record. 1903, № 16.
 Génie Civil. 1903 г., № 2.
 Annales d. Ponts et Chaussées. 1906, I.
 Zeitschrift f. Bauwesen. 1906 г.
 Schweizerische Bauzeitung. № 19, стр. 1906.
 Engineering News. 1907, № 22.
 Schweizerische Bauzeitung. 1907, № 24-26 и № 6.
 Allgemeine Bauzeitung. 1907, стр. 110.
 Zeitschrift d. Oesterröichischen Ing. u Arch. Vereins. 1908, Bd. 60.
 Engineering News. 1908, стр. 213.
 Schweizerische Bauzeitung. 1908, № 13.
 Zeitschrift d. Oest. Ing. u. Arch. Ver. № 41, 1908.
 Schweizerische Bauzeitung. 1909, № 5.
 Engineering News. 1909, № 14.
 Schweizerische Bauzeitung. 1910 г., № 5, № 19, № 20, № 8.
 Engineering Record. 1910 г.
 Zeitschrift f. Bauwesen. 1910 г., стр. 577.
 Engineering News. 1910 г., № 8.
 Annales d. Ponts et Chaussées. 1910 г., № 3.
 Schweizerische Bauzeitung. 1911 г., № 1.
 Annales d. Ponts et Chaussées. 1912 г., II.

Сегментные, секторные плотины.

- Zeitschrift f. Bauwesen. 1864 г.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1890 г., № 44.
 Génie Civil. 1890 г., стр. 268.
 Engineering News. № 7, 1895 г.

- Zeitschrift f. Bauwesen. 1895 r., стр. 35.
 Schweizerische Bauzeitung. № 19, 1901 r., стр. 249.
 Zeitschrift f. Bauwesen. 1902.
 Zeitschrift f. Binnenschiffahrt. 1904 r., стр. 234.
 Allgemeine Bauzeitung. 1905 r.
 Oesterreichische Wochenschrift f. d. Öff. Baud. 1905 r., № 28.
 Engineering Record. 1906 r., № 16.
 Zeitschrift f. Binnenschiffahrt, 1906 r., стр. 347.
 Zentralblatt d. Bauv. 1907 r., № 91.
 Allgemeine Bauzeitung. 1907, стр. 97.
 Engineering Record. 1907, № 8.
 Zeitschrift d. V. d. J. 1907 r., стр. 1878.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1907, стр. 593.
 Engineering Record. 1908 r., № 21 и № 26.
 Zeitschrift d. O. J. u. Arch. V. 1908, № 1 и № 41.
 Engineering News. 1908, № 30.
 Annales d. Ponts et Chaussées. 1908 r., № 4.
 Zeitschrift d. O. J. u. Arch. V. 1909 r., № 36, стр. 584.
 Deutsche Bauzeitung. 1910 r., № 49.
 Engineering Record. № 2 и № 19 (стр. 527), 1911.

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ЛОТНЕМ.

- Deutsche Bauzeitung. 1902 r., Bd. 36, стр. 645.
 Zeitschrift d. Öster. Ing. u. Arch. Vereins. 1903, № 50.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1903, стр. 320.
 Génie Civil. 1904. № 17.
 Deutsche Bauzeitung. 1904. № 5.
 Schweizerische Bauz. 1904. № 6.
 Revue industrielle. 55, 1904 r., стр. 96.
 Engineering Record. 1904, стр. 390.
 Oesterreichische Wochenschrift f. d. Öff. Baud. 1905, № 8-20.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1905 r., № 14.
 То же, 1907 r., стр. 592.
 Zeitschrift d. V. d. J. № 47, 1908 r., стр. 1861.
 Deutsche Bauzeitung. 1910 r., № 9.
 Zeitschrift d. Oestr. Ing. u. Arch. Ver. 1910, № 40.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1910, № 12 (стр. 80).

Разныя системы.

- Deutsche Bauzeitung. 1880 г., стр. 78.
 Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ing. 1882 г., стр. 513.
 Zeitschrift f. Baukunde. 1884 г., стр. 501.
 Allgemeine Bauz. 1901, стр. 39-50.
 Engineering Record. 1902, стр. 222.
 Engineering News. 1902, стр. 470.
 Génie Civil. 1903 г., стр. 385.
 Engineering Record. 1904, стр. 12.
 Schweizerische Bauzeitung. 1904, стр. 223.
 Zentralblatt d. Bauverwaltung. 1905 г., стр. 564.
 Génie Civil. 1907, стр. 396.
 Schweizerische Bauzeitung. 1907, стр. 157.
 Zeitschrift d. V. d. J. 1908, стр. 640.
 То же. 1909 г., № 18 и № 43.
 Engineering News. 1910, стр. 711.
 Technique Moderne. 1911, стр. 702.
 Schweizerische Bauz. 1911, № 14.
 Schweiz. Wasserwirtschaft. 1911, стр. 153.
 Zeitschrift d. Oest. Ing. und Arch. V. 1912 г., № 39-

Цена 14 рублей

с переплетом

и обложкой

пергамен

СКЛАД ИЗДАНИЯ

ТИФЛИС, пр. Руставели, 24—„Закнига“

БАКУ, ул. Фикетова, 4—„Азернешр“

ЭРИВАНЬ—Госиздат Армении

ЭРИВАНЬ—Коопкультар